

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Горные машины»

Электронный учебно-методический

комплекс по учебной дисциплине

«ГОРНЫЕ МОБИЛЬНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА»

для специальности

1-36 10 01 «Горные машины и оборудование»

Минск ♦ БНТУ ♦ 2020

Составители: В.В. Борисейко, Н.И. Березовский

Рецензенты: Кафедра «Теоретическая механика и теория машин и механизмов» учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»;

Д.Б. Джалилов, главный специалист отдела производства и реализации торфяной продукции управления торфяной промышленности ГПО «Белтопгаз».

Перечень материалов

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) содержит сведения о современных тракторах и автомобилях, используемых в горной промышленности в качестве мобильных энергетических средств. В ЭУМК представлены основы теории двигателей внутреннего сгорания, трансмиссии, ходовой части и агрегатирования.

ЭУМК содержит четыре раздела. В теоретическом разделе представлен лекционный материал в соответствии с основными разделами и темами учебной программы. Практический раздел содержит практические работы по учебной дисциплине «Горные мобильные энергетические средства». Раздел контроля знаний включает контрольные вопросы. Вспомогательный раздел содержит выдержки из учебной программы, рекомендуемую литературу.

Пояснительная записка

Целью ЭУМК является ознакомление с устройством и принципом действия двигателей внутреннего сгорания, силовых передач, ходовых частей, рабочего и дополнительного оборудования, механизмов управления колесных и гусеничных машин и тракторов, используемых в качестве мобильных горных энергетических средств.

Задачи ЭУМК включают формирование знаний об общем устройстве горных мобильных энергетических средств, освоение основ технической термодинамики и теории двигателей внутреннего сгорания, типовых вспомогательных систем, составе трансмиссий, ходовых частей колесных и гусеничных горных мобильных энергетических средств.

ЭУМК способствует успешному осуществлению учебной деятельности, дает возможность планировать и осуществлять самостоятельную работу студентов, обеспечивает рациональное распределение учебного времени по темам учебной дисциплины и совершенствование методики проведения занятий.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ I ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	5
Введение.....	5
1 ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО ГОРНЫХ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ.....	7
1.1 Классификация горных мобильных энергетических средств.....	7
1.2 Тракторная и автомобильная техника для горной промышленности.....	9
2 ОСНОВЫ ТЕОРИИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ.....	21
2.1 Основы технической термодинамики.....	21
2.1.1 Основные законы идеальных газов.....	23
2.1.2 Газовые смеси.....	24
2.1.3 Цикл Карно.....	26
2.2 Основы устройства и работы поршневых двигателей	28
2.3 Рабочий цикл четырехтактного бензинового двигателя	30
2.4 Рабочий цикл четырехтактного дизельного двигателя	31
2.5 Принцип действия двухтактного двигателя.....	31
2.6 Индикаторные показатели работы ДВС.....	33
2.7 Тепловой баланс ДВС.....	34
2.8 Специальные агрегаты повышения мощности ДВС.....	36
3. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И УСТРОЙСТВО СИСТЕМ И МЕХАНИЗМОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	39
3.1 Кривошипно-шатунный механизм.....	39
3.2 Механизм газораспределения.....	41
3.3 Система охлаждения ДВС.....	44
3.4 Система смазки.....	47
3.5 Вентиляция картера.....	50
3.6 Система питания ДВС.....	51
3.6.1 Воздухоочиститель.....	52
3.6.2 Топливные фильтры.....	53
3.6.3 Топливные баки.....	54
3.6.4 Подкачивающие насосы.....	54
3.6.5 Форсунки.....	55
3.6.6 Топливные насосы высокого давления.....	55
3.6.7 Регуляторы частоты вращения.....	58
3.7 Система пуска ДВС.....	59
3.7.1 Электрический стартер.....	59
3.7.2 Вспомогательный пусковой двигатель.....	60
3.8 Электрооборудование.....	60
4 СИЛОВЫЕ ПЕРЕДАЧИ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ГОРНЫХ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ.....	62
4.1 Назначение трансмиссии.....	62
4.2 Сцепление.....	63
4.3 Коробка переменных передач.....	64
4.4 Ведущий мост.....	66

4.4.1 Главная передача.....	66
4.4.2 Дифференциал.....	66
4.5 Механизмы поворота.....	67
4.5.1 Муфты поворота.....	67
4.5.2 Планетарные механизмы поворота.....	68
4.6 Ходовая часть колесных тракторов.....	69
4.7 Ходовая часть гусеничных тракторов.....	70
4.8 Повышение тяговых качеств колесных и гусеничных машин.....	71
4.9 Основные принципы агрегатирования тягачей горных машин.....	72
5 ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПО РАЗВИТИЮ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ГОРНЫХ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ.....	74
 РАЗДЕЛ II ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	80
Практическая работа 1 ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО ГОРНЫХ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ.....	80
Практическая работа 2 ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ.....	85
Практическая работа 3 ПРОВЕРКА И РЕГУЛИРОВКА ТЕПЛОВЫХ ЗАЗОРОВ В ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОМ МЕХАНИЗМЕ.....	97
Практическая работа 4 СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ И СИСТЕМА СМАЗКИ ДВС.....	102
Практическая работа 5 СИСТЕМА ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЯ.....	108
Практическая работа 6 СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ ДВС.....	112
Практическая работа 7 УСТРОЙСТВО МЕХАНИЗМОВ ТРАНСМИССИИ ГОРНЫХ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ.....	119
 РАЗДЕЛ III КОНТРОЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	129
Список контрольных вопросов курса «Горные мобильные энергетические средства».....	129
 РАЗДЕЛ IV ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	131
Распределение аудиторных часов по курсам.....	131
Содержание учебного материала.....	131
Список использованных источников.....	134

РАЗДЕЛ I ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Введение

Шахтный транспорт — комплекс сооружений и устройств, предназначенных для приёма и перемещения различных грузов и людей на подземных горнодобывающих предприятиях. На современных шахтах в задачи шахтного транспорта входит формирование и реализация двух разнонаправленных (встречных) грузопотоков. Первый включает транспортирование людей, оборудования и других грузов к очистным, подготовительным забоям и другим производственным участкам; второй — приём и транспортирование в обратном направлении до околоствольного двора (на шахтах, вскрытых вертикальными стволами) или до поверхности (вскрытых наклонными стволами и штольнями) полезных ископаемых из очистных забоев (или породы из подготовительных), доставки в том же направлении демонтированного оборудования, металлолома, других вспомогательных грузов и людей. Использование горных мобильных энергетических средств помогает решить часть этих задач (доставка оборудования и людей к различным производственным участкам, погрузочно-разгрузочные работы и др.).

Автомобили и тракторы являются не только транспортными средствами, но и базовыми машинами для большинства горных и строительных машин (краны, бульдозеры, погрузчики, тягачи и др.). В настоящее время автотракторной промышленностью выпускаются колесные и гусеничные машины, оборудованные бензиновыми, дизельными двигателями и электродвигателями. Горными мобильными энергетическими средствами называются, горные машины, снабжённые дизельными, пневматическими, электрическими и другими типами двигателей и способные самостоятельно передвигаться по подземным выработкам на пневмоколёсном или гусеничном ходу.

По назначению основные технологические самоходное оборудование подразделяется на буровые станки для бурения взрывных скважин диаметром 51-200 мм, бурильные установки для бурения шпуров диаметром 32-50 мм, погрузочные машины, экскаваторы, ковшовые погрузчики, погрузочно-транспортные машины, автосамосвалы, самоходные вагоны. К вспомогательному самоходному оборудованию относятся: установки для зарядки шпуров и скважин, крепления горных выработок, автотележки для доставки грузов, горюче-смазочных материалов и перевозки людей, автокраны, бульдозеры, грейдеры, поливомоечные машины и др.

Общая особенность современного самоходного оборудования — наличие самоходного пневмоколёсного шасси с сочленённой или (реже) жёсткой рамой, состоящего из тягача и полурамы для установки на ней навесного рабочего оборудования (бурильных стрел, ковша, кузова и т.д.). По размерам самоходное оборудование делится на малогабаритное (ширина и высота до 2 м) и крупногабаритное.

Высокая мощность и производительность, способность преодолевать значительные расстояния и подъёмы в горных выработках, универсальность и другие достоинства самоходного оборудования в наибольшей степени отвечают требованиям добычи различных полезных ископаемых подземным способом и проходки горных выработок и тоннелей. Комплекс самоходного оборудования — система увязанных по основным параметрам и производительности машин, обеспечивающая механизацию технологических процессов очистных или проходческих работ.

Самоходное оборудование выпускается в нормальном рудничном и взрывобезопасном исполнении. В последнем случае в конструкции машин с дизельным приводом предусматриваются дополнительно пластинчатая защита во всасывающем и выхлопном каналах, выхлопной коллектор с водяным охлаждением, тепловое реле для отключения подачи топлива, патрубки для отбора проб отработанных газов, предохранительный водяной затвор, автоматическая порошковая пламегасительная установка. Пуск двигателя осуществляется пневмостартером; применяются ремни из антистатического негорючего материала, невоспламеняемые гидравлические жидкости.

Мобильные энергетические средства представляют собой сложный комплекс механизмов и систем, выполняющих определенные функции, которые принято подразделять на следующие основные группы: двигатель, трансмиссия, ходовая система, механизмы управления движением, система электрооборудования, рабочее и вспомогательное оборудование, навесное оборудование.

1 ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО ГОРНЫХ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

1.1 Классификация горных мобильных энергетических средств.

Горными мобильными энергетическими средствами называются, горные машины, снабжённые дизельными, пневматическими, электрическими и другими типами двигателей и способные самостоятельно передвигаться по подземным или наземным выработкам на пневмоколёсном или гусеничном ходу. Самоходное оборудование для комплексной механизации очистных и проходческих работ делится на основное технологическое и вспомогательное. По назначению основное технологическое самоходное оборудование подразделяется на буровые станки для бурения взрывных скважин диаметром 51-200 мм, бурильные установки для бурения шпуров диаметром 32-50 мм, погрузочные машины, экскаваторы, ковшовые погрузчики, погрузочно-транспортные машины, автосамосвалы, самоходные вагоны. К вспомогательному самоходному оборудованию относятся: установки для зарядки шпуров и скважин, крепления горных выработок, автотележки для доставки грузов, горюче-смазочных материалов и перевозки людей, автокраны, бульдозеры, грейдеры, поливомоечные машины и др.

Трактором называется колесный или гусеничный самоход, предназначенный для выполнения разнообразных технологических операций с помощью навесных, полунавесных или прицепных машин или агрегатов. Тракторы классифицируют по назначению и конструктивным признакам. По назначению они делятся на сельскохозяйственные, промышленные и транспортные.

Сельскохозяйственные тракторы бывают общего назначения, универсально-пропашные и специальные. К ним также относятся и самоходные шасси, подразделяемые на универсальные, уборочные и горные.

Промышленные тракторы подразделяют на тракторы общего назначения (землеройные работы с бульдозером и скрепером), болотные (добыча торфа и мелиорация), трелевочные (вывоз срубленных стволов и т.д.), специальные (укладка нефте- и газопроводов).

По конструктивным признакам тракторы классифицируют следующим образом:

а) по типу двигателя в зависимости от вида используемой энергии – на электротракторы и тракторы с тепловым двигателем. Последние подразделяют на тракторы с двигателем внутреннего сгорания и с паровым двигателем.

б) по типу движителя – на колесные, полугусеничные и гусеничные. Колесные в зависимости от колесной формулы (числа ведущих колес) подразделяют на тракторы 2х2, 3х2, 4х2, 4х4 (первая цифра указывает на количество колес трактора вообще, вторая – на количество ведущих колес);

в) по типу трансмиссии – на тракторы со ступенчатой, бесступенчатой и комбинированной трансмиссией;

г) по типу остова – на рамные, полурамные и безрамные.

Для увязки с рабочими органами современный трактор соответствует принципам унификации, целью которых является обеспечение с минимальными затратами комплексной механизации различных производств, использующих тракторную технику.

В различных странах в качестве главного классификационного параметра тракторов принимались мощность двигателя, тяговая мощность, число корпусов плуга, с которым агрегатируется трактор, и тяговое усилие. У нас в стране за основной классификационный признак типажа принято номинальное тяговое усилие, обозначаемое $R_{кр}$ н. По отношению к сельскохозяйственным тракторам номинальным называется тяговое усилие, при котором работающий на стерне нормальной плотности и влажности трактор обеспечивает наибольший тяговый КПД при допустимом уровне буксования. Для промышленных тракторов номинальным является наибольшее тяговое усилие, развиваемое трактором при работе на самой низкой передаче в условиях рыхлой (свежесрезанной) почвы нормальной влажности, предельное по условию сцепления с почвой.

Таким образом, номинальное тяговое усилие для сельскохозяйственных тракторов устанавливается в зоне максимальных значений тягового КПД, для промышленных – в зоне максимальных тяговых усилий.

Трактор – сложная машина, состоящая из различных групп узлов и механизмов, находящихся между собой в определенном взаимодействии. Несмотря на различие в конструктивном исполнении и расположении этих узлов и механизмов, принцип их устройства и действия у большинства тракторов одинаков.

Механизмы трактора делят на следующие основные группы: двигатель, трансмиссию, ходовую часть, механизмы управления, рабочее и вспомогательное оборудование.

Двигатель преобразует тепловую энергию, выделяемую при сгорании топлива, в механическую.

Трансмиссия передает и преобразует крутящий момент, подводимый от вала двигателя к ведущим колесам. В ступенчатую трансмиссию входят сцепление, коробка передач, карданная передача, главная передача, дифференциал у колесных или механизм поворота у гусеничных тракторов, конечные передачи.

Ходовая часть передает на почву массу машины и преобразует вращательное движение ведущих колес в поступательное движение трактора. Ходовая часть включает в себя гусеничный или колесный движитель с подвеской и остова трактора.

Необходимо отметить, что компоновка всех агрегатов, механизмов и систем трактора может быть самой различной (например, с передним, средним и задним расположением двигателя) и определяется назначением и условиями эксплуатации данной машины.

Механизмы управления служат для изменения направления движения трактора, а также остановки и удержания его в неподвижном состоянии. К ним относят механизмы поворота у гусеничных тракторов и рулевое управление у колесных, а также тормоза.

Рабочее оборудование предназначено для соединения трактора с орудиями и рабочими агрегатами, управления ими, а также привода их рабочих органов. Включает оно гидронавесную систему, прицепное устройство, вал отбора мощности и приводной шкив.

1.2 Тракторная и автомобильная техника для горной промышленности.

Наиболее широко в горной промышленности используется тракторная техника, производимая Минским тракторным заводом (рисунок 1,1; 1.2, таблица 1-4), основными параметрами которых являются эксплуатационная мощность и масса, максимальная и минимальная скорость, удельный расход топлива, наличие вала отбора мощности (ВОМ) и его частота вращения, количество передач в коробке переменных передач (КПП), удельное давление на грунт, габаритные размеры.

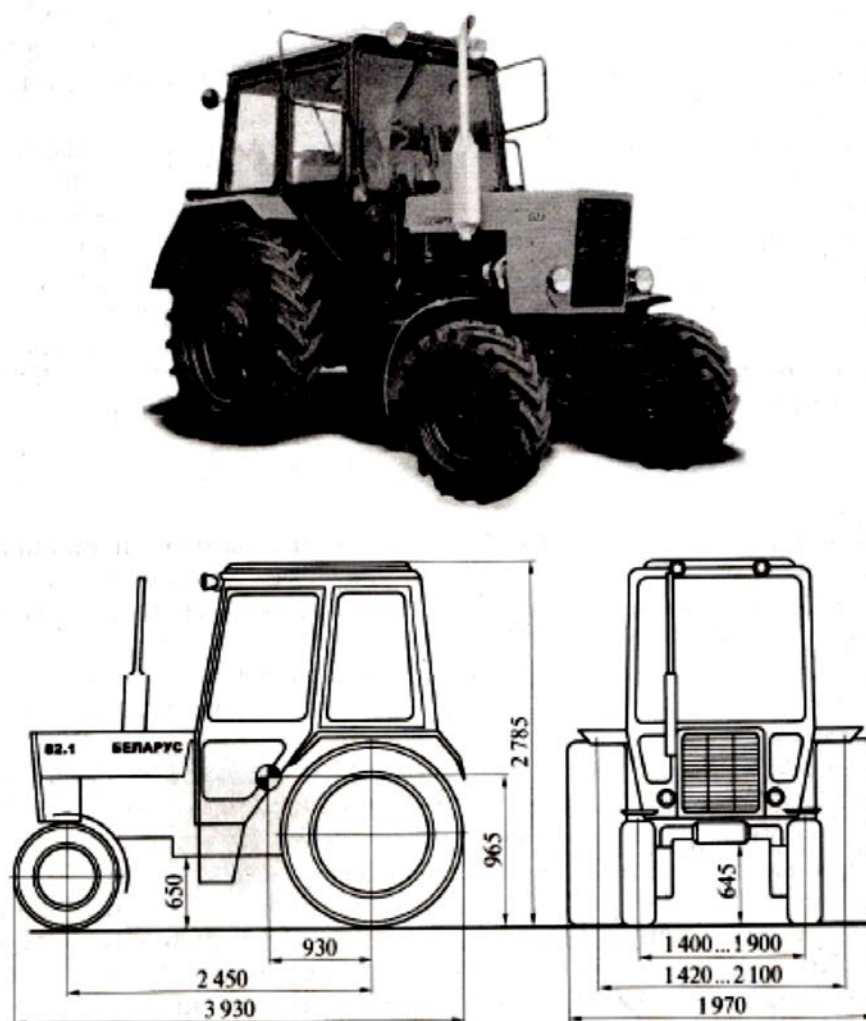


Рисунок 1.1. – Трактор - МТЗ-82.1 «Беларус»

Таблица 1 – Основные размеры МТЗ-80, МТЗ-82, МТЗ-900, МТЗ-920, МТЗ-922

Модель	L	B	H	b	h_{a1}	h_{a2}	h_{ax}	k_1	k_2	x	y
МТЗ-80.1	3 815	1 970	2 785	2 370	645	465	650	1 350...1 850	1 420...2 100	824	965
МТЗ-82.1	3 930	1 970	2 785	2 450	645	465	650	1 400...1 900	1 420...2 100	930	965
МТЗ-822	4 360	1 970	2 550	2 450	560	420	н.д.	1 350...2 000	1 460...2 100	н.д.	н.д.
МТЗ-900	3 850	1 970	2 840	2 370	645	465	650	1 350...1 850	1 460...2 100	824	965
МТЗ-920	3 930	1 970	2 840	2 450	645	465	650	1 450...1 850	1 460...2 100	930	965
МТЗ-922	4 360	1 970	2 550	2 450	560	420	н.д.	1 410...2 000	1 400...2 100	н.д.	н.д.

Двигатель. Дизель мод. Д-243, 4-такт., рядный, 4-цил., жидк. охл., 110×125 мм, рабочий объем 4,75 л, степень сжатия 16, запас крутящего момента 15 %, мощность 59,6 кВт (81 л. с.) при 2 200 мин⁻¹, крутящий момент 289,7 Н·м (29,5 кгс·м) при 1 400 мин⁻¹.

Таблица 2. – Технические параметры тракторов МТЗ класса 1,4

Показатель	МТЗ-80.1	МТЗ-82.1	МТЗ-800	МТЗ-820	МТЗ-900	МТЗ-920
Колесная формула	4×2	4×4	4×2	4×4	4×2	4×4
Эксплуатац. мощность, кВт (л. с.)	57,4 (78)	57,4 (78)	57,4 (78)	57,4 (78)	57,4 (78)	57,4 (78)
Конструкционная масса, кг	3 240	3 445	3 240	3 445	3 370	3 655
Эксплуатац. масса, кг	3 700	3 900	3 700	3 900	3 700	3 900
Распределение эксплуат. массы, кг:						
на переднюю ось	1 295	1 485	1 295	1 485	1 295	1 485
на заднюю ось	2 405	2 415	2 405	2 415	2 405	2 415
Макс. скорость, км/ч	33,4	33,4	33,4	33,4	34,3	34,3
Мин. скорость, км/ч	1,89	1,89	1,89	1,89	2,4	2,4
Полная масса прицепа, кг	12 000	12 000	12 000	12 000	12 000	12 000
Радиус поворота, м	3,8	4,1	3,8	4,1	3,8	4,1
Ср. давление на грунт, МПа	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Глубина преодол. брода, м	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Уд. расход топлива, г/(кВт·ч)	220	220	220	220	220	220
Вместимость топливного бака, л	130	130	130	130	130	130

Трансмиссия. Сцепление сухое, однодисковое, с дополн. диском для привода независимого ВОМ. Коробка передач: на МТЗ-900, -920 — см. трактор МТЗ-590; на МТЗ-80, -82, -800, -820 — 18-ступ., несинхронизированная, со встроенным понижающим редуктором, передат. числа: I — 13,342; II — 7,835; III — 4,607; IV — 3,75; V — 3,165; VI — 2,705; VII — 2,202; VIII — 1,859; IX — 1,0; 3X1 — 6,337; 3X2 — 3,772; передат. число понижающего редуктора 1,35.

ВОМ независимый, 2-ступ., частота вращения на МТЗ-80, -82, -800, -820 — 570 и 1 000 мин⁻¹; на МТЗ-900, -920 — 540 и 1 000 мин⁻¹. ВОМ синхронный с частотой вращения 3,5 об на 1 м пути.

Шины передних колес: на МТЗ-80.1, -800, -900 — 9.0-20; на МТЗ-82.1, -820 — 11.2-20; на МТЗ-920 — 13.6-20; задних колес — 15.5R38.

Навесное устройство на МТЗ-80.1, -82.1, -800, -820 грузоподъемностью 3 200 кг, на МТЗ-900, -920 — 3 700 кг.

По заказу устанавливаются синхронизированный реверс-редуктор (см. МТЗ-590), проставки для сдвигания колес, кронштейн с передними грузами, грузы задних колес, гидрофицированный прицепной крюк, маятниковое прицепное устройство, буксирное устройство, шины 16.9R38, 18.4R34, 13.6-20.

Остальные данные — см. тракторы МТЗ-550Е, -552Е.

Минский тракторный завод с 1985 г. выпускает тракторы переходного класса 1,4—2,0 МТЗ-102, с 1986 г. — МТЗ-100, с 1995 г. — МТЗ-1221, с 2001 г. — МТЗ-1523 (рис. 4.18). Размеры тракторов приведены в табл. 4.15, технические параметры — в табл. 4.16.

Модификации. МТЗ-950, -952 с двигателем постоянной мощности; низкоклиренсные МТЗ-922 (с двигателем мод. Д-245.5) и МТЗ-822 (с двигателем мод. Д-243) с шинами передних колес 360/70R24, задних — 15.5R38; МТЗ-1222 с гидронавесной системой фирмы Bosch.

Двигатель. На МТЗ-950, -952, -1005, -1025 дизель с турбонаддувом, рядный, 4-цил., 110×125 мм, рабочий объем 4,75 л, степень сжатия 15,1; на МТЗ-1005, -1025 — мод. Д-245, мощность 77,2 кВт (105 л. с.) при 2 200 мин⁻¹, крутящий момент 384 Н·м (39,2 кгс·м) при 1 400 мин⁻¹, запас крутящего момента 20 %; на МТЗ-950, -952 — мод. Д-245.5, мощность 65 кВт (88,4 л. с.) при 1 800 мин⁻¹, крутящий момент 425 Н·м (43,3 кгс·м) при 1 400 мин⁻¹, запас крутящего момента 15 %;

на МТЗ-1221, -1523 дизель с турбонаддувом, рядный, 6-цил., 110×125 мм, рабочий объем 7,12 л, степень сжатия 15; на МТЗ-1221 — мод. Д-260.2С, мощность 98 кВт (133 л. с.) при 2 100 мин⁻¹, крутящий момент 528 Н·м (53,8 кгс·м) при 1 400 мин⁻¹, запас крутящего момента 15 %; на МТЗ-1523 — мод. Д-260.1С, мощность 116 кВт (158 л. с.) при 2 100 мин⁻¹, крутящий момент 616 Н·м (63 кгс·м) при 1 400 мин⁻¹, запас крутящего момента 15 %.

Трансмиссия. На МТЗ-950, -952 трансмиссия как на МТЗ-590, -592; на других моделях сцепление сухое, двухдисковое, с дополн. диском для привода независимого ВОМ; коробка передач синхронизированная, 16-ступ., четырехдиапазонная, по заказу с переключением передач под нагрузкой, число передач: вперед — 16, назад — 8, передат. числа:

на МТЗ-1005, -1025: А1 — 15,562; А2 — 12,667; А3 — 10,415; А4 — 8,613; В5 — 6,866; В6 — 5,588; В7 — 4,595; В8 — 3,8; С9 — 4,095; С10 — 3,333; С11 — 2,74; С12 — 2,267; D13 — 1,807; D14 — 1,47; D15 — 1,209; D16 — 1,0; 3ХА1 — 8,738; 3ХА2 — 7,112; 3ХА3 — 5,848; 3ХА4 — 4,836; 3ХВ5 — 3,855; 3ХВ6 — 3,138; 3ХВ7 — 2,58; 3ХВ8 — 2,134;

на МТЗ-1221: А1 — 12,667; А2 — 10,415; А3 — 8,613; А4 — 7,139; В5 — 5,588; В6 — 4,595; В7 — 3,8; В8 — 3,15; С9 — 3,333; С10 — 2,74; С11 — 2,267; С12 — 1,879; D13 — 1,47; D14 — 1,209; D15 — 1,0; D16 — 0,829; 3ХА1 — 7,112; 3ХА2 — 5,848; 3ХА3 — 4,836; 3ХА4 — 4,009; 3ХВ5 — 3,138; 3ХВ6 — 2,58; 3ХВ7 — 2,134; 3ХВ8 — 1,769;

на МТЗ-1523: А1 — 13,9055; А2 — 9,9254; А3 — 7,2292; А4 — 5,2819; В5 — 6,4078; В6 — 4,5738; В7 — 3,3313; В8 — 2,434; С9 — 4,2415; С10 — 3,0275; С11 — 2,2051; С12 — 1,6111; D13 — 1,9545; D14 — 1,3951; D15 — 1,0161; D16 — 0,7424; 3ХА1 — 8,8489; 3ХА2 — 6,3161; 3ХА3 — 4,8004; 3ХА4 — 3,3612; 3ХВ5 — 4,077; 3ХВ6 — 2,9106; 3ХВ7 — 2,1199; 3ХВ8 — 1,5489.

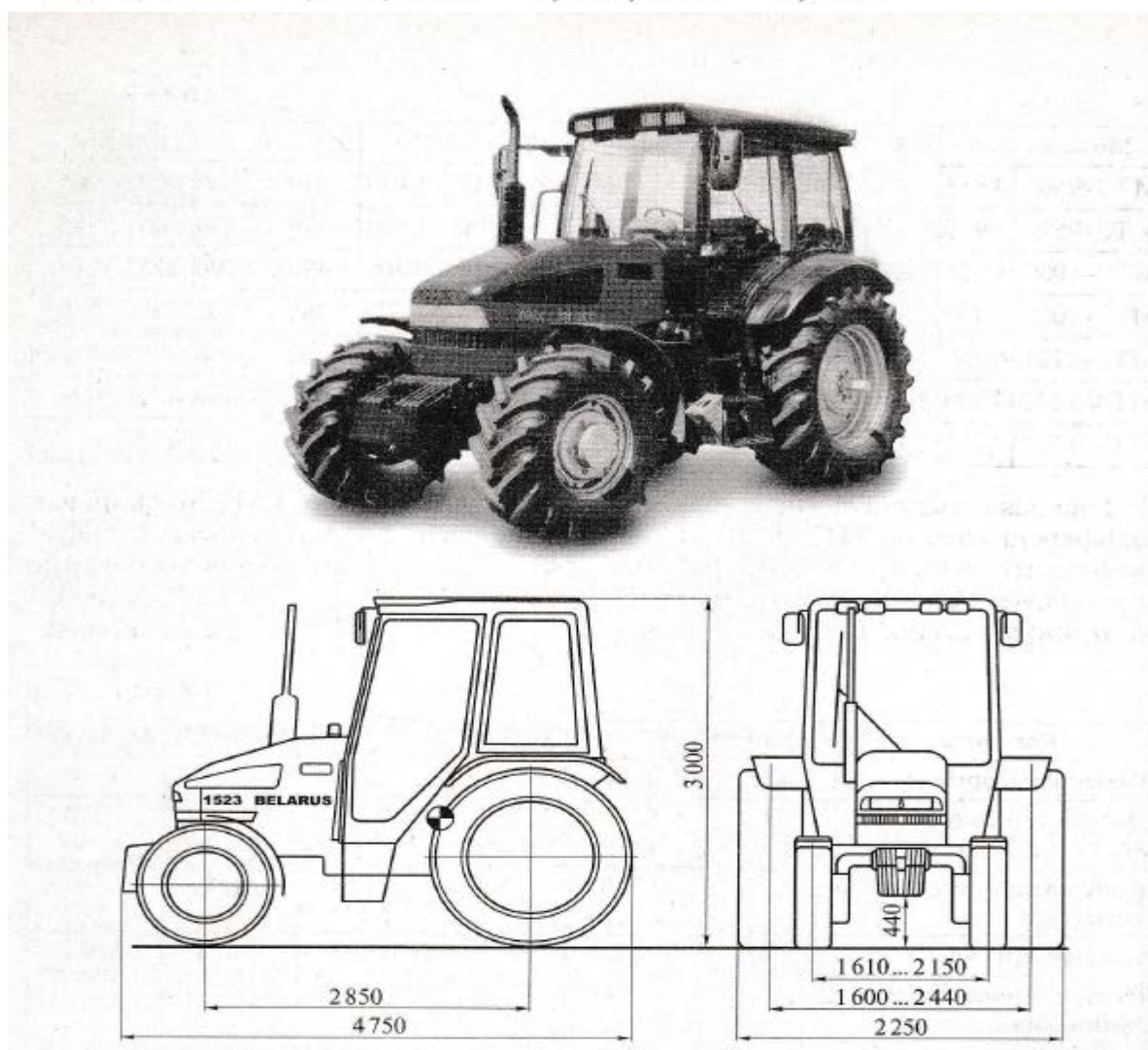


Рисунок 1.2. – Трактор МТЗ-1523 «Беларус»

Таблица 3. – Основные размеры тракторов МТЗ класса 1,4 – 2,0

Модель	<i>L</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>b</i>	<i>h_{д1}</i>	<i>h_{д2}</i>	<i>h_{ар}</i>	<i>k₁</i>	<i>k₂</i>	<i>x</i>	<i>y</i>
МТЗ-950	3 815	1 970	2 840	2 370	645	465	650	1 450...1 850	1 460...2 100	690	965
МТЗ-952	3 930	1 970	2 840	2 450	645	465	650	1 400...1 900	1 460...2 100	805	965
МТЗ-1005	4 120	1 970	2 870	2 500	645	465	650	1 250...1 800	1 460...2 100	825	970
МТЗ-1025	4 215	1 970	2 870	2 570	645	465	650	1 450...1 975	1 460...2 100	945	970
МТЗ-1221	4 950	1 970	2 820	2 750	620	465	н.д.	1 610...2 150	1 600...2 440	990	1 015,5
МТЗ-1222	4 600	2 250	3 000	2 760	620	465	н.д.	1 610...2 150	1 600...2 440	н.д.	н.д.
МТЗ-1523	4 750	2 250	3 000	2 850	440	460	н.д.	1 610...2 150	1 600...2 440	н.д.	н.д.

Главная передача одинарная, коническая, передат. число 3,417. Блокировка дифференциала на МТЗ-1221, -1523 фрикционная, автоматическая, с гидроприводом, имеет три режима работы: выключена, автоматическое включение и выключение при повороте направляющих колес на угол более 13°, включена принудительно. Бортовая передача на МТЗ-100, -102 одинарная, цилиндрическая, передат. число 5,308. На МТЗ-1221 бортовая передача состоит из цилиндрической пары и планетарного ряда, общее передат. число 6,86 (на МТЗ-1523 — 8,0). ВОМ независимый, 2-ступ., с гидравлическим управлением: на МТЗ-950, -952: частота вращения 596 и 1 076 мин⁻¹; на МТЗ-100, -102 — 583 и 1 020 мин⁻¹; на МТЗ-1221 — 556 и 973 мин⁻¹; на МТЗ-1523 — 589 и 1 100 мин⁻¹; ВОМ синхронный: на МТЗ-950, -952 с частотой вращения 3,5 об на 1 м пути; на МТЗ-100/102 — 3,57 об на 1 м пути; на МТЗ-1221 — 3,95 об на 1 м пути, на МТЗ-1523 — 2-ступ.: I — 3,82; II — 7,14 об на 1 м пути.

Шины. На МТЗ-950, -1005 шины передних колес 9.0-20, задних — 16.9R38; на МТЗ-952, -1025 шины передних колес 13.6-20, задних — 16.9R38; на МТЗ-1221 шины передних колес 14.9R24, задних — 18.4R38; на МТЗ-1523 шины передних колес 420/70R24, задних — 520/70R38.

Электрооборудование. Напряжение 12 В, генератор 9685.3701-1 (на МТЗ-1221, -1523 — 9695.3701-1) мощностью 1 кВт с выпрямителем напряжением 14 В, пусковая система 24 В со стартером мощностью 6 кВт, пусковое устройство с аэрозольной легковоспламеняющейся жидкостью.

Навесное устройство. На МТЗ-1523 с электрогидравлической системой автоматического регулирования глубины обработки почвы фирмы Bosch, с силовым, позиционным и смешанным способами регулирования. На МТЗ-950, -952 грузоподъемность 4 000 кг; на МТЗ-1005, -1025, -1221 — 4 500 кг; на МТЗ-1222 — 6 000 кг; МТЗ-1523 — 7 000 кг.

По заказу на МТЗ-1221, -1523 устанавливаются реверсивный пост управления, двухпроводной привод тормозов, передний мост балочного типа (колея 1 600...1 900 мм), дополн. пассажирское сиденье, пневматическая система одно- или двухпроводная в соответствии со стандартами ISO и CEE/ECC, передние и задние рабочие фары.

Остальные данные — см. тракторы МТЗ-550Е, -552Е.

Таблица 4. - Технические параметры тракторов МТЗ класса 1,4 – 2,0

Показатель	МТЗ-950	МТЗ-952	МТЗ-1005	МТЗ-1025	МТЗ-1221	МТЗ-1523
Колесная формула	4 × 2	4 × 4	4 × 2	4 × 4	4 × 4	4 × 4
Эксплуатац. мощность, кВт (л. с.)	61,0 (83)	61,0 (83)	73,5 (100)	73,5 (100)	88,0 (120)	110,0 (150)
Конструкционная масса, кг	3 345	3 710	3 820	3 950	4 100	4 460
Эксплуатац. масса, кг	3 700	3 920	4 080	4 295	4 640	5 000
Распределение эксплуат. массы, кг:						
на переднюю ось	1 075	1 290	1 325	1 585	1 670	1 800
на заднюю ось	2 625	2 630	2 755	2 710	2 970	3 200
Макс. скорость, км/ч	30,0	30,0	36,6	36,6	33,8	32,3
Мин. скорость, км/ч	2,1	2,1	2,3	2,3	2,1	1,7
Полная масса прицепа, кг	15 000	20 000	15 000	20 000	20 000	20 000
Радиус поворота, м	3,8	4,1	3,8	4,1	5,0	5,5
Ср. давление на грунт, МПа	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Глубина преодоления брода, м	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Уд. расход топлива, г/(кВт · ч)	217	217	220	220	226	220
Вместимость топливного бака, л	130	130	156	156	160	250

Значительную часть горных работ выполняют автомобили, и в первую очередь тяжеловесные. Минский завод колесных тягачей производит внедорожные седельные тягачи МЗКТ-74131 с 1988 г., МЗКТ-7429 с 1995г., предназначенные для перевозки тяжелой техники и крупногабаритных неделимых грузов в составе автопоезда, и с 2003 г. – седельный тягач МЗКТ-69374 (рисунок 1.3 - 1.4, таблица 5), предназначенный для эксплуатации на дорогах общего пользования. Внедорожные балластные тягачи МЗКТ – 74132 и МЗКТ – 79092 предназначены для буксировки прицепа массой 25 т по бездорожью и свыше 25т по дорогам с твердым покрытием.

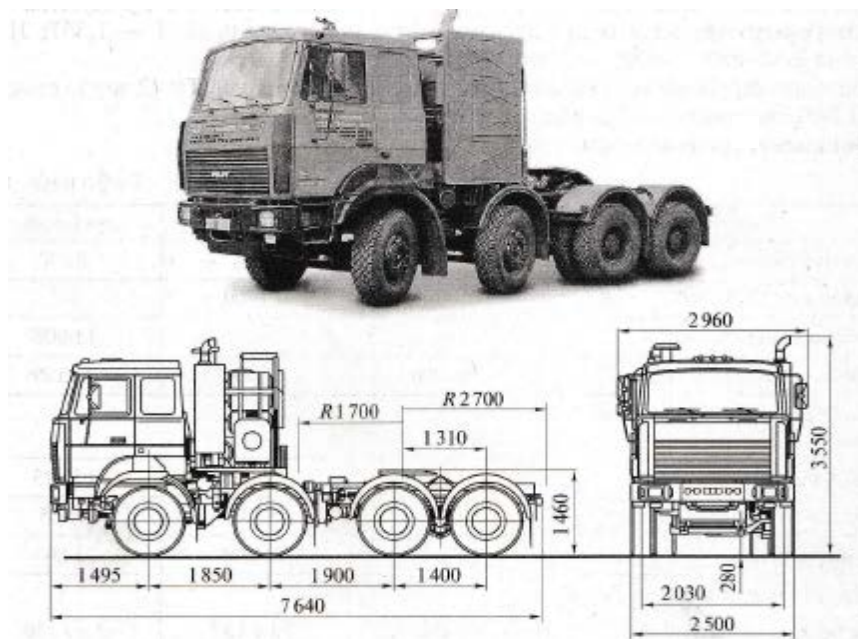


Рисунок 1.3. - Седельный тягач МЗКТ – 692374

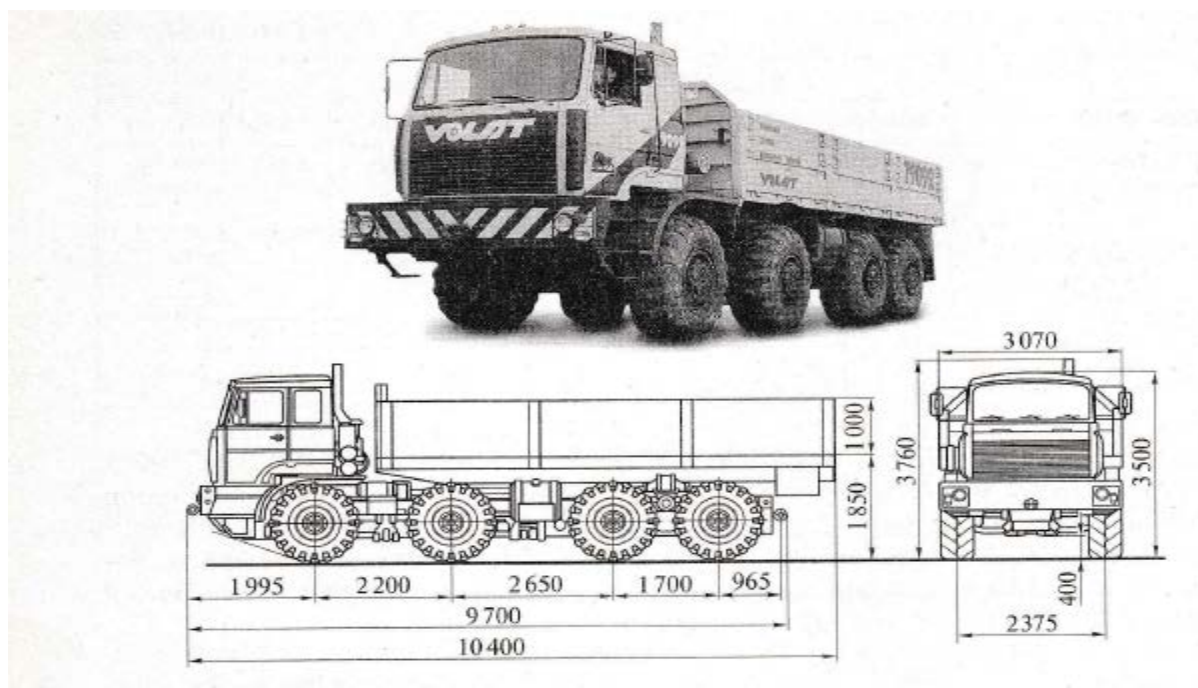


Рисунок 1.4. - Балластный тягач МЗКТ - 79092

Соответственно, установлены двигатели:

на МЗКТ-7429, -7909 – мод. ЯМЗ-2Э8424.10, 8-цил., 140×140 мм, рабочий объем 17, 24 л, степень сжатия 15,2, мощность 346 кВт (470 л.с.) при 2100 об/мин, крутящий момент 1860 Н·м (190 кгс·м) при 1300...1400 об/мин;

на МЗКТ-74131, -74132 – мод. ЯМЗ-8401.10-14, 12цил., 140×140 мм, рабочий объем 25,86 л, мощность 478 кВт (650 л.с.) при 2100 об/мин, крутящий момент 2450 Н·м при 1300 об/мин.

Таблица 5. – Основные технические характеристики тягачей МЗКТ

Показатель	МЗКТ-692374	МЗКТ-7429	МЗКТ-74131	МЗКТ-79092	МЗКТ-74132
Колесная формула	8×4	8×8	8×8	8×8	8×8
Нагрузка на ССУ, кг	27 000	23 000	30 000	—	—
Грузоподъемность, кг	—	—	—	22 200	15 000
Снаряженная масса, кг	12 850	21 500	31 800	19 500	27 200
Полная масса, кг	40 000	44 650	62 000	44 200	42 400
Распределение полной массы, кг:					
на передние оси	2 × 10 000	2 × 10 500	2 × 15 500	2 × 10 500	2 × 10 600
на заднюю ось (тележку)	20 000	25 000	31 000	23 200	21 200
Полная масса прицепа, кг	75 000	66 000	92 000	25 000	100 000
Мощность, кВт	309	346	478	346	478
Макс. крутящий момент, Н·м	1 765	1 860	2 450	1 860	2 450
Макс. скорость, км/ч	65	70	52	70	62
Контр. расход топлива, л/100 км	н.д.	110	125	75	125
Глубина преодоления брода, м	—	1,1	1,1	1,1	1,1
Габаритный радиус поворота, м	10	15	16	15	16

Для перевозки горной руды к месту переработки и обогащения используются самосвалы большой грузоподъемности Белорусского автомобильного завода (БелАЗ): БелАЗ-75404 с двигателем мод. ЯМЗ-8424.10-07 мощностью 312 кВт, БелАЗ-75406 с двигателем мод. ЯМЗ-240ПМ2 07 мощностью 309 кВт, БелАЗ-7540Е с кузовом увеличенной вместимости (23,5 м³), БелАЗ-7548А с двигателем мод. ЯМЗ-240НМ2 мощностью 368 кВт и др. (рисунок 1.5, таблица 6).

Кабина одноместная, однодверная, вибротермошумоизолированная с дополнительным сидением для стажера или пассажира. Сиденье водителя с гидравлическим амортизатором на торсионной рессоре или пневмоподдрессоренное, регулируемое по высоте и росту водителя, углу наклона подушки и спинки.



Рисунок 1.5. – Карьерный самосвал БелАЗ-7548

Таблица 6. – Показатели самосвалов БелАЗ с гидромеханической трансмиссией

Показатель	БелАЗ-7540А	БелАЗ-75481	БелАЗ-7547
Колесная формула	4 × 2	4 × 2	4 × 2
Грузоподъемность, кг	30 000	42 000	45 000
Вместимость кузова, м ³	15	21	19
Снаряженная масса, кг	22 500	30 000	33 000
Полная масса, кг	54 500	72 000	78 000
Распределение полной массы, кг:			
на переднюю ось	17 350	24 000	26 000
на заднюю ось	35 150	48 000	52 000
Мощность, кВт	309	404	368
Макс. скорость, км/ч	50	50	50
Тормозной путь со скорости 40 км/ч, м	22	22	н. д.
Расход топлива при 40 км/ч, л/100 км	115	142	124
Радиус поворота, м:			
по внешнему колесу	8,7	10,2	10,2
габаритный	10,0	11,5	11,5
Длина, мм	7 250	8 090	8 090
Ширина, мм	3 480	3 787	3 920
Высота, мм	3 500	4 280	4 390

на БелАЗ-75481 дизель с турбонаддувом мод. ЯМЗ-8401.10-06, V-обр. (90°), 12-цил., 140 × 140 мм, рабочий объем 25,9 л, степень сжатия 15,2, мощность 404 кВт (550 л. с.) при 2100 мин⁻¹, крутящий момент 2254 Н·м (230 кгс·м) при 1300...1500 мин⁻¹.

Трансмиссия гидромеханическая. На БелАЗ-7540А, -75404, -7548, -7547 согласующий редуктор трехвальный цилиндрический, передат. число 1,0; гидротрансформатор 1-ступ., четырехколесный с автоматической блокировкой; коробка передач 5-ступ., четырехвальная с фрикционными муфтами и принудительным электрогидравлическим приводом переключения передач, передат. числа: I — 3,84; II — 2,27; III — 1,5; IV — 1,055; V — 0,625; 3X1 — 6,07; 3X2 — 1,67; главная передача разнесенная (1-ступ. конический центральный редуктор с коническим дифференциалом и четыремя сателлитами, передат. число 3,417 и планетарная колесная передача с цилиндрическими прямозубыми шестернями, передат. число 6,0); общее передат. число 20,5.

На БелАЗ-7540В, -75406, -7540Е, -7648А согласующий редуктор трехвальный, передат. число 0,947; комплексный 1-ступ. гидротрансформатор с режимом гидромукты; коробка передач 3-ступ., двухвальная с фрикционными муфтами и электрогидравлическим приводом управления, передат. числа: I — 2,46; II — 1,43; III — 0,7; 3X — 1,6; главная передача разнесенная (центральный конический редуктор с коническим дифференциалом и четыремя сателлитами, передат. число 3,167 (на БелАЗ-7648А — 3,727) и планетарная колесная передача, передат. число 6,0 (на БелАЗ-7648А — 5,1)); общее передат. число 22,364 (на БелАЗ-7648А — 16,15). Карданная передача имеет два вала открытого типа с шарнирами на игольчатых подшипниках, соединяющих гидромеханическую передачу с двигателем и ведущим мостом.

Колеса. На БелАЗ-7540 обод 13.00-25/2,5, шины 18.00-25HC32 (500-635); на БелАЗ-7548, -7648А обод 15.00-33/3,0, шины 21.00-33HC32 или 21.00R33; на БелАЗ-7547 обод 15.00-35/3,0, шины 21.00-35HC36 или 21.00R35.

Рама сварная из высокопрочной низколегированной стали с пределом текучести 450 МПа, продольные лонжероны коробчатого сечения, переменной высоты, соединены между собой поперечинами.

Подвеска зависимая с пневмогидравлическими (азот и масло) цилиндрами, по два на переднюю и по четыре на заднюю ось.

Рулевое управление. На БелАЗ-7540 рулевой механизм — винт с шариковой гайкой и поршень-рейка с гидравлическим усилителем; на БелАЗ-7548, -7547 — гидрообъемное с аварийным энергетическим источником. Управляемые колеса — передние.

Тормозная система: рабочая — колодочная с барабан. механизмами, привод пневматический, отдельный для передних и задних колес; стояночная — колодочная, постоянно замкнутого типа, на ведущем валу главной передачи; запасная — стояночная или исправный контур рабочей системы; вспомогательная — гидродинамический замедлитель на ведущем валу коробки передач с электрическим управлением.

Электрооборудование. Напряжение 24 В, электростартерная или пневмостартерная система пуска двигателя.

Гидросистема объединенная (для опрокидывающего механизма кузова и рулевого управления), масляный насос шестеренный, давление 12,5 МПа, гидроцилиндры подъема кузова 4-ступ., телескопические.

Карьерные самосвалы БелАЗ-7549, БелАЗ-7512, БелАЗ-7514, БелАЗ-75303 (рисунок 1.6, таблица 7) с электромеханической трансмиссией предназначены для перевозки горной массы и сыпучих грузов на открытых разработках полезных ископаемых по технологическим дорогам. Технические параметры приведены в табл. 6.

Двигатель. Дизель с турбонаддувом и промежуточным охл., V-обр.:

мод. 6ДМ-21АМ — 6-цил., 210×210 мм, рабочий объем 43,64 л, мощность 808,8 кВт (1 100 л. с.) при 1 500 мин⁻¹, крутящий момент 5 393 Н·м (550 кг·м) при 1 500 мин⁻¹;

мод. 8ДМ-21АМ — 8-цил., 210×210 мм, рабочий объем 58,15 л, мощность 956 кВт (1 300 л. с.) при 1 500 мин⁻¹, крутящий момент 6 668 Н·м (681 кг·м) при 1 500 мин⁻¹;

мод. 12ЧН1А-26/26 — 12-цил., 260×260 мм, рабочий объем 165,6 л, мощность 1 691 кВт (2 300 л. с.) при 1 000 мин⁻¹.

Трансмиссия. Электропривод переменного-постоянного тока с тяговым генератором, двумя тяговыми электродвигателями и редукторами мотор-колес, вспомогательными электромашинками, аппаратами регулирования и прибора-



Рисунок 1.6. – Карьерный самосвал БелАЗ-75303

ми контроля, редуктор мотор-колеса двухрядный дифференциальный. Редуктор отбора мощности многовальный, с прямозубыми цилиндрическими шестернями постоянного зацепления.

Выбор тракторной и автомобильной техники зависит от объемов и видов выполняемых горных работ с учетом эффективности их использования.

Таблица 7. – Показатели самосвалов БелАЗ с электромеханической трансмиссией

Показатель	БелАЗ-75492	БелАЗ-7512	БелАЗ-7514	БелАЗ-75215	БелАЗ-75303
Колесная формула	4×2	4×2	4×2	4×2	4×2
Грузоподъемность, кг	80 000	120 000	120 000	180 000	200 000
Вместимость кузова, м ³	35	47	47	92	114
Снаряженная масса, кг	73 600	90 000	95 000	163 000	152 700
Распределение снаряженной массы, кг:					
на переднюю ось	36 800	44 500	47 000	80 000	67 188
на заднюю ось	36 800	45 500	48 000	83 000	85 512
Полная масса, кг	153 600	210 000	215 000	343 000	352 700
Распределение полной массы, кг:					
на переднюю ось	50 842	69 300	70 950	110 840	114 275
на заднюю ось	102 758	140 700	144 050	232 160	238 425
Двигатель:					
модель	6ДМ-21АМ	8ДМ-21АМ	8ДМ-21АМ	12ЧН1А 26/26	12ДМ-21АМ
мощность, кВт	808	956	956	1 691	1 765
Тяговый генератор:					
модель	ГПА-600	ГПА-600	ГС-525	ГС-517А	ГС-523
мощность, кВт	630	630	800	1 400	1 400
Тяговый электродвигатель:					
модель	ДК-722	ДК-722	ДК-722	ДК-724	ДК-724
мощность, кВт	360	360	360	560	560
Макс. скорость, км/ч	50	48	50	50	50
Тормозной путь со скорости 30 км/ч, м	21	21	21	25	н.д.
Расход топлива, л/100 км	235	400	420	630	н.д.
Радиус поворота, м:					
по внешнему колесу	11	13	13	16	15
габаритный	13	14	14	18	17
Длина, мм	10 100	11 270	11 380	14 580	13 360
Ширина, мм	5 360	6 140	6 140	7 780	7 780
Высота, мм	5 320	5 280	5 580	6 460	6 520

2 ОСНОВЫ ТЕОРИИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

2.1 Основы технической термодинамики

Технической термодинамикой называется наука, изучающая свойства тепловой энергии и законы всемирного превращения тепловой и механической энергии. Она является основой теории двигателей внутреннего сгорания.

Процесс преобразования тепловой энергии в механическую в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) осуществляется с помощью рабочего тела. Рабочим телом в д. в. с. являются газообразные продукты сгорания топлива. Величины, которые характеризуют физическое состояние тела называются термодинамическими параметрами состояния. Такими параметрами являются удельный объем, абсолютное давление, абсолютная температура, внутренняя энергия, энтальпия, энтропия, концентрация, теплоемкость и т.д. При отсутствии внешних силовых полей (гравитационного, электромагнитного и др.) термодинамическое состояние однофазного тела можно однозначно определить 3-мя параметрами – удельным объемом v , температурой (T), давлением (P). Если изменить термодинамическое состояние системы, т. е. подвести или отнять тепло, сжать газ или дать возможность ему расшириться, то все параметры рассматриваемой системы изменят свою величину.

Давление равно силе, действующей на единицу площади поверхности тела. Когда говорят о давлении газа или пара, под силой понимают суммарную силу ударов молекул этого газа или пара, направленную перпендикулярно к стенкам сосуда. Подавляющее большинство приборов для определения давления измеряет разницу между давлением среды (иногда называемым полным, или абсолютным давлением) P и атмосферным (барометрическим) B . Если измеряемое давление выше атмосферного, такой прибор называется манометром, а измеряемое давление — избыточным.

$$P_{изб.} = P - B.$$

Если измеряемое давление ниже атмосферного, такой прибор называется вакуумметром, а измеряемое давление — вакуумметрическим (или вакуумом).

$$P_{вак} = B - P.$$

Температура — это мера нагретости тела. Если теплота переходит от одного тела к другому, это значит, что температура первого тела T_1 больше температуры второго тела T_2 . Если же теплообмен между телами отсутствует, температуры одинаковы $T_2 = T_1$.

Удельный объем — это отношение полного объема вещества V к его массе m .

$$v = V / m$$

Плотность — это отношение массы вещества к его объему.

$$\rho = m / V$$

То есть плотность является величиной, обратной удельному объему. Величины, характеризующие термодинамическое состояние газа, давление p , удельный объем V и температура T зависят друг от друга. Если, например, газ определенной температуры занимает какой-то определенный объем, то он будет находиться под некоторым давлением. Изменение объема или температуры изменит давление газа.

$$pv/T = \text{const}$$

Для 1 кг газа эту постоянную величину называют газовой постоянной и обозначают буквой R :

$$pv/T = R$$

Уравнение состояния часто называют уравнением Клапейрона, по имени ученого, предложившего это уравнение.

Идеальный газ - теоретическая модель газа; в которой пренебрегают размерами частиц газа, не учитывают силы взаимодействия между частицами газа, предполагая, что средняя кинетическая энергия частиц много больше энергии их взаимодействия, и считают, что столкновения частиц газа между собой и со стенками сосуда абсолютно упругие.

Существуют модель классического идеального газа, свойства которого описываются законами классической физики, и модель квантового идеального газа, подчиняющегося законам квантовой механики. Обе модели идеального газа справедливы для реальных классических и квантовых газов при достаточно высоких температурах и разрежениях.

В модели классического идеального газа газ рассматривают как совокупность огромного числа одинаковых частиц (молекул), размеры которых пренебрежимо малы. Газ заключен в сосуд, и в состоянии теплового равновесия никаких макроскопических движений в нем не происходит. Т. е. это газ, энергия взаимодействия между молекулами которого значительно меньше их кинетической энергии, а суммарный объем всех молекул значительно меньше

объема сосуда. Молекулы движутся по законам классической механики независимо друг от друга, и взаимодействуют между собой только во время столкновений, которые носят характер упругого удара. Давление идеального газа на стенку сосуда равно сумме импульсов, переданных за единицу времени отдельными частицами при столкновениях со стенкой, а энергия — сумме энергий отдельных частиц.

2.1.1 Основные законы идеальных газов. Закон Бойля-Мариотта – при постоянной температуре удельные объемы идеального газа обратно пропорциональны давлениям, т.е. при $T = \text{const}$:

$$\vartheta_1/\vartheta_2 = p_2/p_1 \quad (1)$$

или
$$p_1 \vartheta_1 = p_2 \vartheta_2 = p \vartheta = \text{const} \quad (2)$$

Закон Гей-Люссака – при постоянном абсолютном давлении удельные объемы идеального газа прямо пропорциональны абсолютным температурам, т.е. при $p = \text{const}$:

$$\vartheta_1/\vartheta_2 = T_1/T_2 \quad (3)$$

или
$$\vartheta_1/T_1 = \vartheta_2/T_2 = \vartheta/T = \text{const} \quad (4)$$

Закон Авогадро – все идеальные газы при одинаковых температурах и давлениях содержат в равных объемах одно и то же число молекул.

Из закона Авогадро следует, что плотности газов, находящихся при одинаковых температурах и давлениях, прямо пропорциональны их молекулярным массам:

$$\rho_1/\rho_2 = \mu_1/\mu_2 \quad (5)$$

где μ_1, μ_2 – молекулярные массы газов.

Так как плотности газов обратно пропорциональны их удельным объемам, то равенство (3) можно записать в следующем виде:

$$\vartheta_2/\vartheta_1 = \mu_1/\mu_2 \quad (6)$$

или
$$\mu_1 \vartheta_1 = \mu_2 \vartheta_2 = \mu \vartheta = \text{const}.$$

Произведение $\mu \vartheta$ есть объем одного киломоля. Киломолем называют количество вещества, масса которого в килограммах численно равна его

молекулярной массе. Киломоли различных идеальных газов при одинаковых температурах и давлениях занимают одинаковые объемы.

Объем одного киломоля при нормальных условиях для всех газов равен 22,4 м³/кмоль, т.е. $\mu v = 22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}$.

Сопоставив законы идеальных газов, получим следующее уравнение:

$$\frac{p v}{T} = R = \text{const} \quad (7)$$

Эту величину называют удельной газовой постоянной и обозначают буквой R , размерность которой $\text{Па} \cdot \text{м}^3/(\text{кг} \cdot \text{К}) = \text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$.

$$\text{Уравнение (7) можно записать как } p v = R T \quad (8)$$

Уравнение (8) называют уравнением Клапейрона.

Газообразные продукты сгорания топлива в ДВС неоднородны по своему составу и представляют собой газовую смесь, т.е. смесь химически не связанных между собой газов. Каждый газ, входящий в смесь, ведет себя так, как будто он один занимает весь объем, т.е. свободно распространяется по всему объему сосуда, имея температуру, одинаковую с температурой всей смеси, и оказывает на стенки сосуда свое собственное давление, называемое парциальным.

Модель идеального газа можно использовать при изучении реальных газов, так как в условиях, близких к нормальным, а также при низких давлениях и высоких температурах реальные газы близки по свойствам к идеальному газу.

2.1.2 Газовые смеси подчиняются тем же законам и уравнениям, что и однородные идеальные газы. Основной закон для газовой смеси – закон Дальтона, состоящий в том, что при отсутствии химических реакций давление газовой смеси равно сумме парциальных давлений отдельных газов, составляющих смесь, т.е.:

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n = \sum_1^n p_i \quad (9)$$

где p – давление газовой смеси;

$p_1, p_2, p_3 \dots p_n$ – парциальные давления газов, составляющих смесь.

Под внутренней энергией газа понимают сумму внутренней кинетической энергии и внутренней потенциальной энергии. Внутренняя энергия газа зависит от его состояния. При изменении состояния газа меняется и его внутренняя энергия. В идеальном газе, как известно, отсутствуют силы сцепления между молекулами; следовательно, отсутствует и потенциальная энергия, поэтому изменение внутренней энергии идеального газа зависит только от изменения

внутренней кинетической энергии, определяемой температурой газа (от параметров начального и конечного состояния газа).

Изменение внутренней энергии 1 кг массы идеального газа (Дж/кг) зависит от начальной и конечной температур газа, т.е. :

$$\Delta u = u_2 - u_1 = f(T_2) - f(T_1) \quad (10)$$

где u_1, u_2 – величины внутренней энергии 1 кг массы газа в начальном и конечном состояниях.

Газ, находящийся в любом состоянии, обладает определенным запасом внутренней и потенциальной энергий. Потенциальная энергия пропорциональна величине давления и величине удельного объема и равна $p\vartheta$. Произведение $p\vartheta$ численно равно работе, которую следует совершить, чтобы ввести газ с удельным объемом ϑ в среду с давлением p .

Величину суммы внутренней энергии u и потенциальной энергии $p\vartheta$ называют энтальпией и обозначают буквой i :

$$i = u + p\vartheta \quad (11)$$

Как видно из уравнения (11), энтальпия не зависит от характера процесса, а зависит от параметра начального и конечного состояний газов.

Первый закон термодинамики (открыт М.В. Ломоносовым в 1748 г.): взаимный переход теплоты в работу и работы в теплоту совершается в равнозначных количествах, т.е.

$$Q = L \quad (12)$$

где Q – количество теплоты, Дж;

L – количество работы, Дж.

Для установления аналитического выражения первого закона термодинамики рассмотрим процесс изменения состояния газа. Пусть в цилиндре со свободно перемещающимся поршнем находится 1 кг газа. Подведем к нему бесконечно малое количество теплоты dq . В результате подвода теплоты состояние газа изменится, т.е. температура и объем газа увеличатся и поршень займет новое положение. Повышение температуры газа указывает на увеличение его внутренней кинетической энергии du_k . Увеличение объема газа и связанное с этим увеличение расстояний между молекулами свидетельствует об увеличении

внутренней потенциальной энергии газа $du_{\text{п}}$. Изменение состояния газа сопровождается преодолением сил внешнего давления, т.е. совершением внешней механической работы dl . Следовательно, подведенная к газу теплота dq (Дж/кг) была израсходована на изменение внутренней кинетической и потенциальной энергии и на совершение механической работы.

Согласно закону сохранения и превращения энергии:

$$dq = du_{\text{к}} + du_{\text{п}} + dl \quad (13)$$

где $du_{\text{к}} + du_{\text{п}} = du$ – изменение внутренней энергии, Дж/кг.

$$\text{Тогда } dq = du + dl \quad (14)$$

Уравнение (14) представляет собой аналитическое выражение первого закона термодинамики и показывает, что подведенная к газу теплота расходуется на изменение внутренней энергии и на совершение внешней механической работы.

Проинтегрировав (14), получим:

$$q = \Delta u + l \quad (15)$$

Количество теплоты, которое необходимо для нагревания на 1 градус единицы количества газа, называется *теплоемкостью* и обозначается буквой c . В технических расчетах теплоемкость измеряют в килоджоулях.

2.1.3 Цикл Карно - обратимый круговой процесс, в котором совершается превращение теплоты в работу (или работы в теплоту). Цикл Карно состоит из последовательно чередующихся двух изотермических и двух адиабатных процессов. Впервые рассмотрен французским учёным С. Карно (1824) как идеальный рабочий цикл теплового двигателя. Превращение теплоты в работу сопровождается переносом рабочим телом двигателя определённого количества теплоты от более нагретого тела (нагревателя) к менее нагретому (холодильнику).

Цикл Карно осуществляется следующим образом: рабочее тело (например, пар в цилиндре под поршнем) при температуре T_1 приводится в соприкосновение с нагревателем, имеющим постоянную температуру T_1 , и изотермически получает от него количество теплоты δQ_1 (при этом пар расширяется и совершает работу). На рис. 6 этот процесс изображен отрезком изотермы AB . Затем рабочее тело, расширяясь адиабатически (по адиабате BC), охлаждается до температуры T_2 . При этой температуре, сжимаясь изотермически (отрезок CD), рабочее тело отдаёт количество теплоты δQ_2 холодильнику с температурой T_2 . Завершается цикл Карно адиабатным процессом (DA на рисунке 2.1), возвращающим рабочее тело в исходное термодинамическое

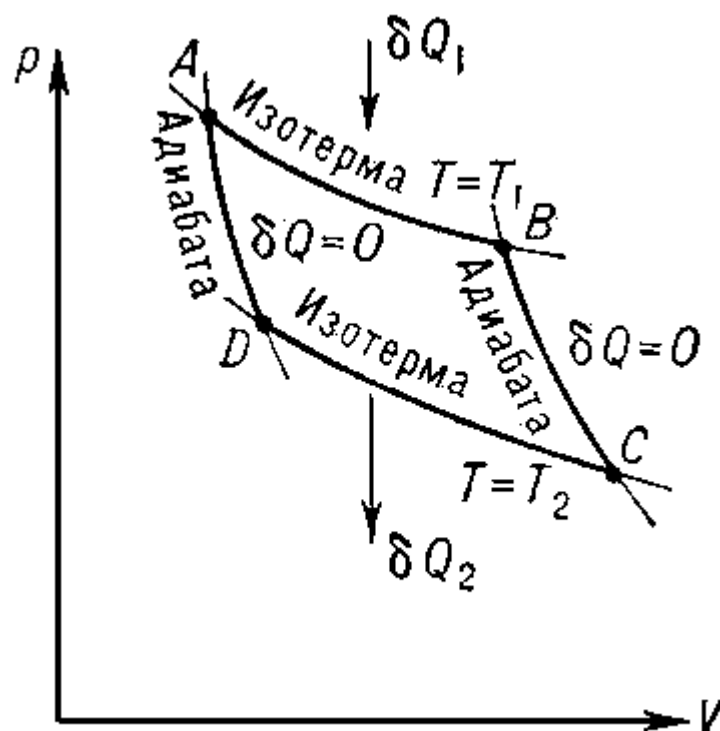
состояние. При постоянной разности температур ($T_1 - T_2$) между нагревателем и холодильником рабочее тело совершает за один цикл Карно работу:

$$\delta A = \delta Q_1 - \delta Q_2 = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \delta Q_1$$

Эта работа численно равна площади $ABCD$ (рисунок 2.1), ограниченной отрезками изотерм и адиабат, образующих цикл Карно.

Цикл Карно обратим, и его можно осуществить в обратной последовательности (в направлении $ADCBA$). При этом количество теплоты δQ_2 отбирается у холодильника и вместе с затраченной работой δA (превращенной в теплоту) передаётся нагревателю. Тепловой двигатель работает в этом режиме как идеальная холодильная машина.

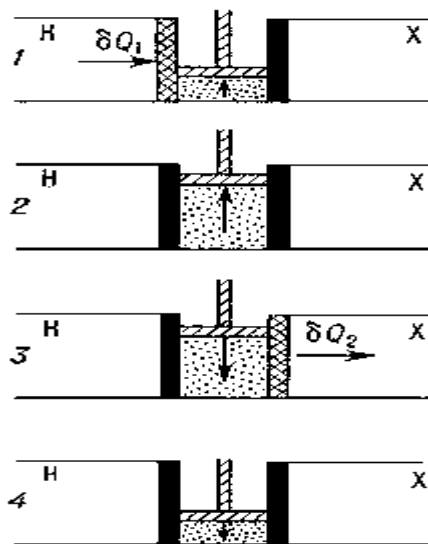
Цикл Карно имеет наивысший КПД $\eta = \delta A / \delta Q_1 = (T_1 - T_2) / T_1$ среди всех возможных циклов, осуществляемых в одном и том же температурном интервале ($T_1 - T_2$). В этом смысле КПД цикла Карно служит мерой эффективности других рабочих циклов.



δQ_1 — количество теплоты, получаемой рабочим телом от нагревателя, δQ_2 — количество теплоты, отдаваемой им холодильнику. Площадь $ABCD$ численно равна работе цикла Карно.

Рисунок 2.1. - Цикл Карно на диаграмме $p - V$ (давление — объём)

Схема работы идеальной тепловой машины, работающей по циклу Карно, изображена на рисунке 2.2.



1. От нагревателя H поступает теплота δQ_1 , газ под поршнем изотермически расширяется (по линии AB , рис. 6).
2. Газ изолирован от нагревателя и холодильника и адиабатически расширяется (по линии BC).
3. Газ изотермически (при $T = T_2$) сжимается (по линии CD) и отдаёт теплоту δQ_2 холодильнику X .
4. Газ изолирован и адиабатически сжимается (по линии DA).

Рисунок 2.2. - Схема работы идеальной тепловой машины

2.2 Основы устройства и работы поршневых ДВС

На автомобилях и тракторах в качестве источника механической энергии наиболее широкое применение нашел двигатель внутреннего сгорания – тепловой двигатель, у которого механическая работа совершается за счет теплоты, получаемой при сгорании топлива внутри цилиндра. Применяемые на ГМЭС ДВС классифицируют по следующим признакам:

- а) по числу тактов, из которых складывается рабочий цикл: четырехтактные и двухтактные двигатели;
- б) По виду рабочего процесса: двигатели с внешним смесеобразованием (карбюраторные) и с внутренним (дизели);
- в) по типу используемого топлива: двигатели, работающие на легком топливе (бензине) – бензиновые, на тяжелом (дизельном) – дизели;
- г) по числу цилиндров: одно-, двух-, четырех-, шести-, восьми- и двенадцатцилиндровые двигатели;
- д) по расположению цилиндров: в один ряд – однорядные и в два – двухрядные (V-образные);
- е) по способу охлаждения: двигатели с жидкостным и воздушным охлаждением.

Самое широкое применение на тракторах нашли четырехтактные, четырехцилиндровые, рядные дизели с жидкостным охлаждением. Двухцилиндровые дизели применяют на маломощных тракторах. На мощных тракторах используют рядные шестицилиндровые и V-образные шести-, восьми-

и двенадцатицилиндровые дизели. Карбюраторные двигатели применяются только в качестве пусковых (четырёхтактные двухцилиндровые и двухтактные одноцилиндровые).

Двигатель внутреннего сгорания включает следующие механизмы и системы.

Кривошипно-шатунный механизм служит для восприятия давления газов и преобразования возвратно-поступательного движения поршня во вращательное движение коленчатого вала.

Механизм газораспределения обеспечивает впуск в цилиндры свежей порции воздуха или горючей смеси и выпуск отработавших газов в строго определенные промежутки времени.

Система питания в карбюраторном двигателе предназначена для приготовления горючей смеси, в дизеле – для подачи воздуха и топлива в цилиндры.

Система регулирования автоматически изменяет поступление горючей смеси или подачу топлива в цилиндры в зависимости от нагрузки двигателя и частоты вращения коленчатого вала.

Система смазки обеспечивает непрерывное поступление смазки ко всем трущимся поверхностям двигателя с целью уменьшения их износа, нагревания и снижения потерь мощности на преодоление трения.

Система охлаждения предназначена для отвода тепла от нагреваемых деталей с целью сохранения определенной их температуры.

Система пуска осуществляет пуск двигателя.

Система зажигания в карбюраторном двигателе служит для получения искры путем высоковольтного электрического разряда, необходимой для зажигания рабочей смеси в цилиндре.

В двигателе внутреннего сгорания рабочий процесс протекает в полости, образованной цилиндром, поршнем и головкой, в которой установлены впускной и выпускной клапаны. Поршень соединяется шатуном с коленчатым валом. При вращении последнего поршень в цилиндре движется возвратно-поступательно вверх и вниз. При этом происходит заполнение цилиндра горючей смесью (смесь топлива и воздуха в определенном отношении), сжатие ее и воспламенение. Газы, образующиеся при сгорании топлива, расширяясь, совершают механическую работу. Их давление воспринимается поршнем и через шатун передается на коленчатый вал. Полученный на коленчатом валу крутящий момент с маховика передается на трансмиссию трактора. После расширения цилиндр очищается от отработавших газов для нового заполнения его свежей горючей смесью. Все эти процессы и составляют периодически повторяющийся рабочий цикл ДВС.

Положение поршня в верхней части цилиндра, т.е. в наибольшем удалении от оси коленчатого вала, называется верхней мертвой точкой (ВМТ), а в нижней его части, т.е. в наименьшем удалении от оси коленчатого вала, - нижней мертвой точкой (НМТ). Путь проходимый от одной мертвой точки до другой, называется ходом поршня S . Ходу поршня соответствует Π радиан (или 180°).

поворота коленчатого вала. По величине ход поршня равен двум радиусам кривошипа коленчатого вала: $S = 2R$.

Часть рабочего цикла, протекающего в цилиндре за время движения поршня от одной мертвой точки к другой, называется тактом, т.е. такт соответствует ходу поршня. В двухтактном двигателе цикл совершается за два хода поршня, чему соответствует один оборот коленчатого вала; в четырехтактном двигателе – за четыре хода поршня или за два оборота коленчатого вала.

Объем цилиндра над поршнем при положении в ВМТ называется камерой сжатия или камерой сгорания V_c . Объем поршня между ВМТ и НМТ называется рабочим объемом цилиндра V_h и измеряется в литрах.

Действие поршневого двигателя внутреннего сгорания основано на использовании работы теплового расширения нагретых газов во время движения поршня от ВМТ к НМТ. Нагревание газов в положении ВМТ достигается в результате сгорания в цилиндре топлива, перемешанного с воздухом. При этом повышается температура газов и давления. Т.к. давление под поршнем равно атмосферному, а в цилиндре оно намного больше, то под действием разницы давлений поршень будет перемещаться вниз, при этом газы - расширяться, совершая полезную работу. Чтобы двигатель постоянно вырабатывал механическую энергию, цилиндр необходимо периодически заполнять новыми порциями воздуха через впускной клапан и топливо через форсунку или подавать через впускной клапан смесь воздуха с топливом. Продукты сгорания топлива после их расширения удаляются из цилиндра через впускной клапан. Эти задачи выполняют механизм газораспределения, управляющий открытием и закрытием клапанов, и система подачи топлива. Рабочим циклом двигателя называется периодически повторяющийся ряд последовательных процессов, протекающих в каждом цилиндре двигателя и обуславливающих превращение тепловой энергии в механическую работу. Если рабочий цикл совершается за два хода поршня, т.е. за один оборот коленчатого вала, то такой двигатель называется двухтактным. Автомобильные двигатели работают, как правило, по четырехтактному циклу, который совершается за два оборота коленчатого вала или четыре хода поршня и состоит из тактов впуска, сжатия, расширения (рабочего хода) и выпуска.

2.3 Рабочий цикл четырехтактного бензинового двигателя

Впуск. По мере того, как коленчатый вал двигателя делает первый полуоборот, поршень перемещается от ВМТ к НМТ, впускной клапан открыт, выпускной клапан закрыт. В цилиндре создается разрежение 0.07 - 0.095 МПа, вследствие чего свежий заряд горючей смеси, состоящий из паров бензина и воздуха, засасывается через впускной газопровод в цилиндр и, смешиваясь с остаточными отработавшими газами, образует рабочую смесь.

Сжатие. После заполнения цилиндра горючей смесью при дальнейшем вращении коленчатого вала (второй полуоборот) поршень перемещается от НМТ к ВМТ при закрытых клапанах. По мере уменьшения объема температура и давление рабочей смеси повышаются.

Расширение или рабочий ход. В конце такта сжатия рабочая смесь воспламеняется от электрической искры и быстро сгорает, вследствие чего температура и давление образующихся газов резко возрастает, поршень при этом перемещается от ВМТ к НМТ.

В процессе такта расширения шарнирно связанный с поршнем шатун совершает сложное движение и через кривошип приводит во вращение коленчатый вал. При расширении газы совершают полезную работу, поэтому ход поршня при третьем полуобороте коленчатого вала называют рабочим ходом.

В конце рабочего хода поршня, при нахождении его около НМТ открывается выпускной клапан, давление в цилиндре снижается до 0.3 - 0.75 МПа, а температура до 950 - 1200 С.

Выпуск. При четвертом полуобороте коленчатого вала поршень перемещается от НМТ к ВМТ. При этом выпускной клапан открыт, и продукты сгорания выталкиваются из цилиндра в атмосферу через выпускной газопровод.

2.4 Рабочий цикл четырехтактного дизеля

Впуск. При движении поршня от ВМТ к НМТ вследствие образующегося разрежения из воздухоочистителя в полость цилиндра через открытый впускной клапан поступает атмосферный воздух. Давление воздуха в цилиндре составляет 0.08 - 0.095 МПа, а температура 40 - 60 С.

Сжатие. Поршень движется от НМТ к ВМТ; впускной и выпускной клапаны закрыты, вследствие этого перемещающийся вверх поршень сжимает поступивший воздух. Для воспламенения топлива необходимо, чтобы температура сжатого воздуха была выше температуры самовоспламенения топлива. При ходе поршня к ВМТ цилиндр через форсунку впрыскивается дизельное топливо, подаваемое топливным насосом.

Расширение или рабочий ход. Впрыснутое в конце такта сжатия топливо, перемешиваясь с нагретым воздухом, воспламеняется, и начинается процесс сгорания, характеризующийся быстрым повышением температуры и давления. При этом максимальное давление газов достигает 6 - 9 МПа, а температура 1800 - 2000 С. Под действием давления газов поршень 2 перемещается от ВМТ к НМТ - происходит рабочий ход. Около НМТ давление снижается до 0.3 - 0.5 МПа, а температура до 700 - 900 С.

Выпуск. Поршень перемещается от НМТ к ВМТ и через открытый выпускной клапан отработавшие газы выталкиваются из цилиндра. Давление газов снижается до 0.11 - 0.12 МПа, а температура до 500-700 С. После окончания такта выпуска при дальнейшем вращении коленчатого вала рабочий цикл повторяется в той же последовательности.

2.5 Принцип действия двухтактного двигателя

Двухтактные двигатели отличаются от четырехтактных тем, что у них наполнение цилиндров горючей смесью или воздухом осуществляется в начале хода сжатия, а очистка цилиндров от отработавших газов в конце хода

расширения, т.е. процессы выпуска и впуска происходят без самостоятельных ходов поршня. Общий процесс для всех типов двухтактных двигателей - продувка, т.е. процесс удаления отработавших газов из цилиндра с помощью потока горючей смеси или воздуха. Поэтому двигатель данного вида имеет компрессор (продувочный насос). Рассмотрим работу двухтактного карбюраторного двигателя с кривошипно-камерной продувкой. У этого типа двигателей отсутствуют клапаны, их роль выполняет поршень, который при своем перемещении закрывает впускные, выпускные и продувочные окна. Через эти окна цилиндр в определенные моменты сообщается с впускным и выпускным трубопроводами и кривошипной камерой (картер), которая не имеет непосредственного сообщения с атмосферой. Цилиндр в средней части имеет три окна: впускное, выпускное и продувочное, которое сообщается клапаном с кривошипной камерой двигателя. Рабочий цикл в двигателе осуществляется за два такта:

Сжатие. Поршень перемещается от НМТ к ВМТ, перекрывая сначала продувочное, а затем выпускное окно. После закрытия поршнем выпускного окна в цилиндре начинается сжатие ранее поступившей в него горючей смеси. Одновременно в кривошипной камере вследствие ее герметичности создается разрежение, под действием которого из карбюратора через открытое впускное окно поступает горючая смесь в кривошипную камеру.

Рабочий ход. При положении поршня около ВМТ сжатая рабочая смесь воспламеняется электрической искрой от свечи, в результате чего температура и давление газов резко возрастают. Под действием теплового расширения газов поршень перемещается к НМТ, при этом расширяющиеся газы совершают полезную работу. Одновременно опускающийся поршень закрывает впускное окно и сжимает находящуюся в кривошипной камере горючую смесь. Когда поршень дойдет до выпускного окна, оно открывается и начинается выпуск отработавших газов в атмосферу, давление в цилиндре понижается. При дальнейшем перемещении поршень открывает продувочное окно и сжатая в кривошипной камере горючая смесь перетекает по каналу, заполняя цилиндр и осуществляя продувку его от остатков отработавших газов.

Рабочий цикл двухтактного дизельного двигателя отличается от рабочего цикла двухтактного карбюраторного двигателя тем, что у дизеля в цилиндр поступает воздух, а не горючая смесь, и в конце процесса сжатия впрыскивается мелкораспыленное топливо. Мощность двухтактного двигателя при одинаковых размерах цилиндра и частоте вращения вала теоретически в два раза больше четырехтактного за счет большего числа рабочих циклов. Однако неполное использование хода поршня для расширения, худшее освобождение цилиндра от остаточных газов и затраты части вырабатываемой мощности на привод продувочного компрессора приводят практически к увеличению мощности только на 60...70%.

2.6 Индикаторные показатели работы ДВС

Мощность, которую развивают нагретые газы в цилиндрах двигателя, называют *индикаторной* N_i . Она вычисляется по формулам:

- для четырехтактного двигателя

$$N_i = \frac{P_i V_h n i}{120}, \text{ кВт};$$

- для двухтактного

$$N_i = \frac{P_i V_h n i}{60}, \text{ кВт};$$

где P_i - среднее индикаторное давление, МПа;

V_h - рабочий объем одного цилиндра, л.;

n - частота вращения коленчатого вала, об/мин;

i - число цилиндров.

Среднее индикаторное давление определяется на работающем двигателе специальным прибором индикатором. Полученная в цилиндрах индикаторная мощность не полностью передается на коленчатый вал. Часть ее расходуется на преодоление трения деталей двигателя, на приведение в движение всех его механизмов (насосов, вентилятора, привода газораспределения и др.) и другие механические потери. Мощность, развиваемая двигателем на коленчатом валу и используемая для выполнения полезной работы, называется *эффективной* N_e .

При номинальном режиме работы двигателей значения p_i находят в следующих пределах:

1. для четырехтактных двигателей с искровым зажиганием без наддува, работающих на бензине (карбюраторных, с впрыском легкого топлива), 0,8... 1,2 МПа;
2. для четырехтактных газовых с искровым зажиганием 0,5...0,7 МПа;
3. для четырехтактных дизелей без наддува 0,75...1,05 МПа, с наддувом - до 2,2 МПа;
4. для двухтактных карбюраторных с кривошипно-камерной продувкой 0,25—0,45 МПа; для двухтактных дизелей без наддува 0,35...0,7 МПа, с наддувом до 1,2 МПа.

*В автомобильных дизелях с низким и средним наддувом $p_i = 1,2...1,5$ МПа.

Эффективную мощность измеряют с помощью тормозной установки в лабораторных условиях.

Отношение эффективной мощности двигателя N_e к индикаторной N_i называется *механическим коэффициентом полезного действия*.

$$\eta_M = \frac{N_e}{N_i}.$$

Механический КПД зависит от качества обработки деталей двигателя и их смазки, числа оборотов, сохранения необходимых зазоров, температурного состояния и других причин. Механический КПД тракторных двигателей при максимальной мощности равен 0,7...0,8.

2.7 Тепловой баланс ДВС

Из анализа рабочего цикла двигателя следует, что только часть теплоты, выделяющейся при сгорании топлива, используется на полезную работу, остальная же часть составляет тепловые потери. Распределение теплоты, полученной при сгорании вводимого в цилиндр топлива, называют тепловым балансом, который обычно определяется экспериментальным путем.

Тепловой баланс составляют в кДж для 1 кг (а в газовых двигателях - для 1 м³) израсходованного топлива. При помощи теплового баланса устанавливают степень совершенства работы двигателя и определяют пути усовершенствования конструкции ДВС.

Уравнение теплового баланса имеет вид:

$$Q = Q_e + Q_{\text{охл}} + Q_{\text{г}} + Q_{\text{н.с}} + Q_{\text{ост}} \quad (16)$$

где Q – теплота топлива, введенная в двигатель;

Q_e – теплота, превращенная в полезную работу;

$Q_{\text{охл}}$ – теплота, потерянная с охлаждающим агентом;

$Q_{\text{г}}$ – теплота, потерянная с отработавшими газами;

$Q_{\text{н.с}}$ – теплота, теряемая вследствие неполного сгорания топлива;

$Q_{\text{ост}}$ – остаточный член баланса, который равен сумме всех неучтенных потерь.

Количество располагаемой (введенной) теплоты (кДж/с):

$$Q = G_T Q_{\text{н}}^{\text{p}}$$

где G_T – расход топлива, кг/с;

$Q_{\text{н}}^{\text{p}}$ – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг.

Теплота, превращенная в полезную работу:

$$Q_e = N_e,$$

где N_e – эффективная мощность двигателя, кВт.

Теплота, потерянная с охлаждающей жидкостью:

$$Q_{\text{охл}} = G_{\text{в}} c_{\text{в}} (t_2 - t_1)$$

где G_B – расход воды (антифриза), проходящей через систему, кг/с;
 c_B – теплоемкость воды, кДж/(кг·К) [$c_B = 4,19$ кДж/(кг·К)];
 t_2 и t_1 – соответственно температура воды при входе в систему и выходе из нее, °С.

Теплота, теряемая с отработавшими газами:

$$Q_G = G_G (V_G c_{p.G} t_G - V_B c_{p.B} t_B)$$

где G_G – расход топлива, кг/с;
 V_G и V_B – расходы газов и воздуха, м³/кг;
 $c_{p.G}$ и $c_{p.B}$ – соответственно средние объемные теплоемкости газов и воздуха при постоянном давлении, кДж/(м³·К);
 t_G и t_B – соответственно температура отработавших газов и воздуха.

Остаточный член теплового баланса включает в себя потери теплоты в окружающую среду от отлучеиспускания с поверхности двигателя, на нагрев смазочного масла во всех трущихся поверхностях, деталях, на потери с кинетической энергией отработавших газов.

Тепловой баланс можно составить в процентах от всего количества введенной теплоты, тогда уравнение баланса примет вид:

$$100 \% = q_e + q_{охл} + q_z + q_{н.с} + q_{ост}$$

где $q_e = (Q_{охл} / Q) 100 \%$; $q_{охл} = (Q_G / Q) 100 \%$ и т.д.

Важным показателем двигателя является крутящий момент, развиваемый на коленчатом валу и передающийся трансмиссии трактора. Величина его определяется по формуле:

$$M_k = \frac{3 \cdot 10^4}{\pi} \frac{N_e}{n} \text{ Н м.}$$

Экономичность работы двигателя характеризуется количеством потребляемого топлива за час работы на каждый киловатт его мощности. Эта величина называется *эффективным удельным расходом топлива* g_e и определяется следующим образом:

$$g_e = \frac{G_T}{N_e} 10^3 \text{ г/(кВт ч)},$$

где G_T – расход топлива двигателя за 1 ч, кг/ч.

Примерные значения отдельных составляющих теплового баланса автотракторных двигателей приведены в таблице 8.

Таблица 8. – Составляющие теплового баланса ДВС

Тип двигателя	Составляющие баланса, %				
	q_e	$q_{охл}$	q_g	$q_{н.с}$	$q_{ост}$
Двигатели с внешним смесеобразованием	26-33	15-25	30-55	2-25	5-10
Карбюраторные	26-32	12-25	30-50	0-30	3-10
Дизели	36-45	15-35	25-45	0-5	2-5
Газовые	25-30	20-25	35-45	0-5	3-10

* Данные приведены применительно к номинальному режиму работы двигателя.

**С увеличением степени сжатия резко уменьшается теплота, теряемая с отработавшими газами

Дизели в сравнении с карбюраторными двигателями более экономичны. Удельный расход топлива у тракторных дизелей - 210... 300 г/(кВт ч), у четырехтактных карбюраторных двигателей - 280...350 г/(кВт ч). В двигателе только часть тепла от сгораемого топлива превращается в полезную механическую работу. Степень использования тепла, расходуемого на образование эффективной мощности, оценивается эффективным КПД:

$$\eta_e = \frac{3600}{g_e H_u},$$

где H_u - теплотворность топлива, кДж/кг.

Для тракторных дизелей η_e равен 0,32...0,36, для карбюраторных двигателей - 0,25...0,28.

Влияние способа смесеобразования на коэффициент наполнения представлено в табл. 8.

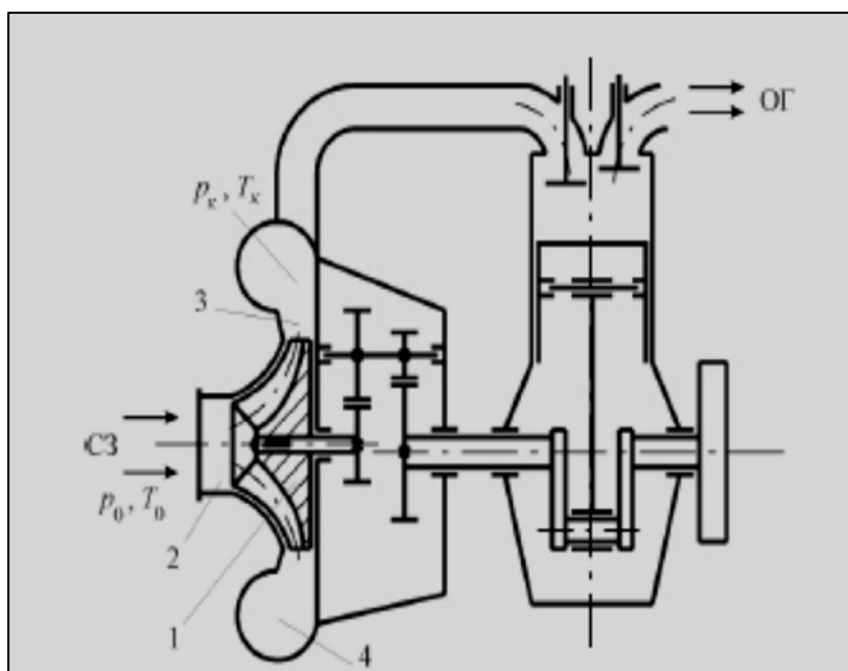
Таблица 9. – Влияние способа смесеобразования на коэффициент наполнения двигателей легкого топлива

Способ смесеобразования	η_v
Карбюрирование смеси	0,80...0,82
Впрыскивание бензина во впускной канал головки или патрубков	0,83...0,85 (повышение на $\approx 5\%$)
Впрыскивание бензина в цилиндр двигателя	0,88...0,90 (увеличение на $\approx 10\%$)

2.8 Специальные агрегаты повышения мощности ДВС

В практике двигателестроения для повышения плотности подаваемого в цилиндр заряда чаще всего используют агрегаты (компрессоры), которые получили название наддувочных. Такие агрегаты могут иметь кинематическую или газовую связь с ДВС. Соответствующие способы наддува получили название механического, газотурбинного или комбинированного наддува.

Принципиальная схема двигателя с механическим наддувом приведена на рисунке 2.3.



СЗ – заряд свежего воздуха; ОГ- отработанные газы; 1 – корпус компрессора; 2 – опорные подшипники; 3 – зона создания кинетической энергии; 4 – зона создания потенциальной энергии

Рисунок 2.3. – ДВС с механическим наддувом

Колесо компрессора имеет высокую частоту вращения благодаря связи с коленчатым валом двигателя через мультипликатор. Под действием центробежных сил воздух, поступающий из входного устройства компрессора, перемещается в межлопаточных каналах колеса к его периферии. Кинетическая энергия движущегося потока возрастает. В диффузоре компрессора кинетическая энергия движения воздуха преобразуется в потенциальную энергию давления ($p_k = 0,15...0,28$ МПа). При больших давлениях наддува мощность, затрачиваемая на привод нагнетателя, может оказаться значительной, и использование механического наддува оказывается неэффективным.

Выпускные газы двигателей обладают значительным запасом тепловой и кинетической энергии, которая в случае механического наддува оказывается неиспользованной. Этим недостатком не обладают двигатели с газотурбинным наддувом (рисунок 2.4).

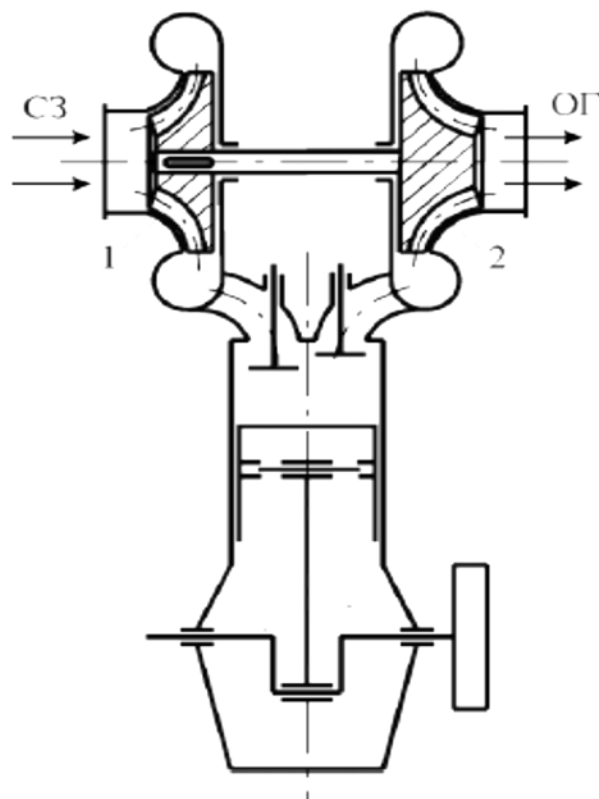


Рисунок 2.4. – Принципиальная схема двигателя с газотурбинным наддувом

При реализации такой схемы энергия выпускных газов используется для привода колеса турбины, установленного на одном валу с колесом компрессора, которое вращается с частотой 30...60 тыс. оборотов в минуту, обеспечивая сжатие и подачу заряда в цилиндр двигателя.

3. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И УСТРОЙСТВО СИСТЕМ И МЕХАНИЗМОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

3.1 Кривошипно-шатунный механизм

Кривошипно-шатунный механизм состоит из поршней с компрессионными и маслосъемными кольцами, поршневых пальцев, шатунов, коленчатого вала с коренными и шатунными подшипниками и маховика. Детали кривошипно-шатунного механизма работают в тяжелых условиях. Они подвергаются изменяющимся по величине и направлению силам давления газов, инерции и трения, а также высоким температурам.

Поршень состоит из днища, уплотняющей и направляющей частей. Днища поршней в зависимости от принятой схемы смесеобразования изготавливаются разной формы. На уплотняющей части имеются кольцевые канавки под компрессионные и маслосъемные кольца. В канавках под маслосъемные кольца равномерно по окружности просверлены отверстия для отвода масла, снимаемого кольцами с зеркала цилиндра. Такие же отверстия могут быть и ниже канавок. В приливах (бобышках) поршня расточены отверстия под поршневой палец и канавки для стопорящих его колец.

Направляющая часть предотвращает перекос поршня, равномерно распределяя боковое давление на стенку цилиндра. На направляющей части может быть установлено маслосъемное кольцо, а на торце сделана выточка с острой кромкой для удаления масла с зеркала цилиндра (Д-240, СМД-14 и др.).

Поршень по высоте нагревается неравномерно, поэтому диаметр его направляющей части делается большим, чем уплотняющей. Чтобы предотвратить стук поршня о гильзу у непрогретого двигателя, направляющую часть делают эллиптической (разность осей - 0,2... 0,35 мм) с расположением большей оси перпендикулярно к оси пальца. При нагревании поршень приобретает цилиндрическую форму.

Зазоры между направляющей частью поршня и гильзой у тракторных двигателей составляют 0,18...0,25 мм. Чтобы облегчить подбор поршней к гильзам и поршневым пальцам к отверстиям в бобышках, поршни сортируются на несколько размерных групп, обозначения которых наносят на его днище или бобышку. Соответственно сортируются на группы гильзы и поршневые пальцы.

Для облегчения подбора по весу поршни также делятся на несколько весовых групп. Разница в их весе для одного двигателя не должна превышать 7...16 г. Поршни изготавливают из алюминиевых сплавов и реже из чугуна.

Поршневые кольца - чугунные разрезные упругие, по назначению делятся на компрессионные (уплотнительные) и маслосъемные. Компрессионные кольца уплотняют поршень в цилиндре, а маслосъемные удаляют масло с зеркала цилиндра и предотвращают попадание его в камеру сгорания. На одном поршне устанавливают 3...4 компрессионных и 1...2 маслосъемных колец.

Разрез кольца (замок) делается прямым или под углом 30°, 45 или 60°. При установке на поршень нескольких колец замки должны располагаться в разных плоскостях через 90...120°. В двухтактном двигателе, чтобы кольца не

прокручивались в канавках и концами не задевали за кромки окон, в замки вставляют стопорные штифты.

Поршневой палец делается пустотелым из стали. Наружная его поверхность цементируется и калится. Применяют плавающие пальцы, которые могут проворачиваться в бобышках поршня и в верхней головке шатуна. От осевых перемещений палец фиксируется пружинными стопорными кольцами или алюминиевыми заглушками.

Шатун состоит из верхней и нижней головок, соединенных стержнем двутаврового сечения. Верхняя головка - неразъемная. В нее запрессовывается бронзовая втулка, служащая подшипником для поршневого пальца. Смазка к втулке поступает через воронкообразное отверстие в верхней головке (СМД-14, Д-240 и др.) или по каналу в стержне от шатунной шейки коленчатого вала (СМД-60, ЯМЗ-240 и др.).

Нижняя разъемная головка шатуна имеет крышку. Разъем крышки выполняется под прямым углом к оси шатуна - прямой разъем (СМД-14, Д-240 и др.) или под углом менее 90° - косой (СМД-60, ЯМЗ-240 и др.). Крышка к нижней головке крепится шатунными болтами с корончатыми гайками. У двигателей А-01, ЯМЗ-240, СМД-60 она крепится болтами, ввернутыми в тело шатуна, которые фиксируются замковыми шайбами.

Коленчатый вал состоит из коренных (опорных) и шатунных шеек, соединенных щеками. Они образуют кривошип, или колено вала. Количество шатунных шеек у рядного двигателя равно числу цилиндров, у двухрядного - в два раза меньше (на одной шейке устанавливаются по два шатуна). Число коренных шеек у дизелей на одну больше числа цилиндров в ряду двигателя. Этим достигается большая жесткость коленчатого вала. У некоторых двигателей для уравнивания сил инерции на щеках устанавливаются съемные (Д-240 и др.) или изготовленные как одно целое со щеками (СМД-60, СМД-62) противовесы. В шейках и щеках вала имеются сверления для подвода масла к коренным и шатунным подшипникам. У большинства двигателей шатунные шейки пустотелые. В полости шейки, закрытой заглушкой, происходит центробежная очистка масла.

На передней части коленчатого вала устанавливаются шестерни привода механизма газораспределения и масляного насоса, а также шкив привода вентилятора. На задней части вала расположен фланец для крепления маховика, а в торце имеется расточка под подшипник вала сцепления. От осевых перемещений коленчатый вал фиксируется в одном из коренных подшипников упорными полукольцами, покрытыми антифрикционным сплавом.

Коренные и шатунные подшипники коленчатого вала являются подшипниками скольжения, которые выполняются в виде вкладышей. Вкладыши состоят из двух полуцилиндров, изготовленных из листовой стали, с антифрикционным слоем из алюминиевого сплава. Устанавливаются вкладыши в постели блок-картера или нижней головки шатуна. Чтобы они не проворачивались и продольно не смещались, на них делается усик, а в постелях - соответствующие выемки. Вкладыши коренных подшипников имеют канавки для прохода масла через отверстия вала к шатунным подшипникам. У

двигателей ЯМЗ-240, ПД-10 и П-23 коренными служат подшипники качения. У двигателя ПД-10 шатунный подшипник - игольчатый и коленчатый вал составлен из двух половин.

Зазор в подшипниках не регулируется. Когда он становится больше допустимого, вкладыши заменяют новыми соответствующего ремонтного размера.

Коленчатый вал двигателя ЯМЗ-240 имеет диаметр коренных шеек больше диаметра, описываемого кривошипом. Это дает возможность установить на шейки роликовые подшипники: наружные кольца устанавливаются в расточках блок-картера, а внутренними кольцами являются коренные шейки.

Маховик представляет собой массивный чугунный диск, который устанавливается на фланце коленчатого вала на штифтах и крепится болтами. На обод маховика напрессовывается зубчатый венец для пуска двигателя. На поверхности маховика имеются сверления под штифт или специальные метки для установки поршня первого цилиндра в ВМТ. У дизеля ЯМЗ-240 имеются метки начала подачи топлива и момента регулировки тепловых зазоров механизма газораспределения. На маховике тракторных дизелей монтируется сцепление.

3.2 Механизм газораспределения

Механизм газораспределения предназначен для очистки цилиндра от продуктов сгорания и заполнения его горючей смесью или воздухом в соответствии с протеканием рабочего процесса. В двигателях внутреннего сгорания применяют газораспределение двух типов: клапанное и бесклапанное (щелевое).

Наиболее распространены в четырехтактных автотракторных двигателях клапанные механизмы газораспределения благодаря простому устройству и надежной работе. Бесклапанные механизмы газораспределения получили распространение в двухтактных тракторных двигателях (пусковых ПД-8, ПД-10УД и др.).

Клапанное газораспределение в четырехтактных двигателях конструктивно оформляют как с верхним, так и с нижним расположением клапанов. Если клапаны расположены в головке цилиндров, то их называют верхними или подвесными клапанами, а если они расположены в блок-картере - нижними или боковыми.

Верхние клапаны в большинстве автотракторных двигателей располагают в один ряд и с приводом через толкатели, штанги и коромысла от распределительного вала.

Механизм газораспределения с верхним расположением клапанов состоит из впускного и выпускного клапанов, направляющих втулок, клапанных пружин с деталями их крепления, толкателей с регулировочным болтом, клапанного гнезда и распределительного вала с приводной шестерней, штанги, коромысла с регулировочным винтом, оси коромысел.

Принцип действия механизма газораспределения с верхними клапанами состоит в следующем. При вращении распределительного вала его кулачок, набегая на толкатель, поднимает его вместе со штангой. Через штангу движение передается коромыслу, которое, поворачиваясь вокруг оси, открывает клапан, сжимая пружину. При дальнейшем вращении вала кулачок отходит от толкателя и клапан под действием пружины поднимается и плотно прижимается к гнезду.

Механизм газораспределения с верхним расположением клапанов широко применяется как в карбюраторных двигателях, так и в дизелях. Верхнее расположение клапанов обеспечивает лучшие наполнение и очистку цилиндров по сравнению с нижним расположением клапанов из-за увеличения площади проходного сечения клапанов и позволяет иметь более совершенную форму камеры сгорания.

Фазами газораспределения называют моменты открытия и закрытия клапанов, выраженные в градусах угла поворота коленчатого вала относительно мертвых точек (рис. 3.1)

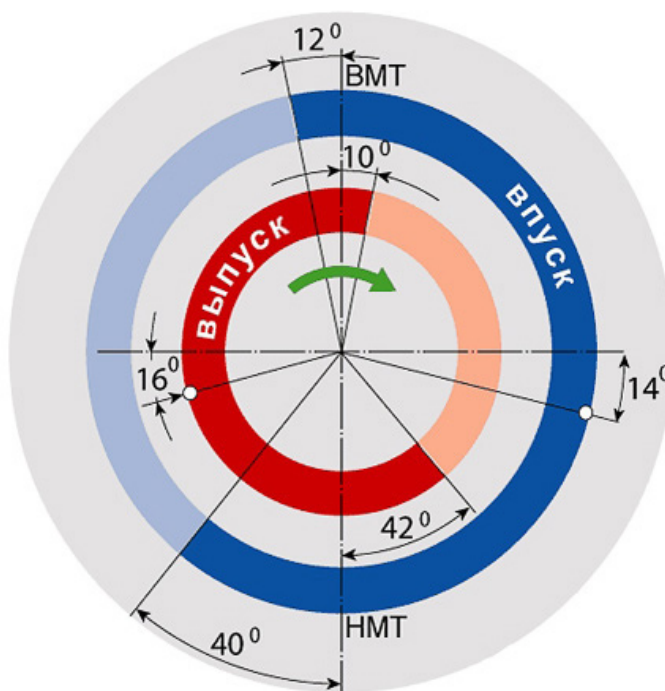


Рисунок 3.1. – Фазы газораспределения

Фазы газораспределения обычно изображают графически в виде круговой диаграммы, называемой диаграммой газораспределения. Из диаграммы газораспределения видно, что для улучшения наполнения цилиндров горючей смесью или воздухом и лучшей очистки их от отработавших газов следует открывать и закрывать клапаны не в те моменты, когда поршень находится в мертвых точках, а с некоторым опережением при открытии и запаздыванием при закрытии.

У автотракторных двигателей впускные клапаны открываются с опережением на $10\text{—}31^\circ$ до в.м.т., а закрываются с запаздыванием на $40\text{—}83^\circ$ после н.м.т. Выпускные клапаны открываются с опережением на $47\text{—}67^\circ$ до н.м.т., а закрываются с запаздыванием на $10\text{—}47^\circ$ после в.м.т.

Таким образом, в двигателях имеется период, в течение которого впускной и выпускной клапаны открыты одновременно, называемый перекрытием клапанов.

При перекрытии клапанов происходит, подсосывание в цилиндр горючей смеси или воздуха и отсасывание из него отработавших газов за счет большой инерции потоков свежей горючей смеси и отработавших газов. Оптимальные фазы газораспределения для каждой модели двигателя устанавливаются экспериментальным путем. Фазы газораспределения зависят в основном от частоты вращения коленчатого вала двигателя. Чем выше частота вращения коленчатого вала, тем больше фазы газораспределения. Моменты открытия и закрытия клапанов определяются профилем кулачков распределительного вала и зазорами между клапанами и коромыслам.

Клапанный механизм газораспределения состоит из следующих элементов; клапанов, клапанных гнезд, направляющих втулок, пружин, распределительных валов и деталей привода клапанов.

Клапаны предназначены для открытия и закрытия впускных и выпускных каналов. Во время работы клапаны подвергаются воздействию высоких температур (особенно выпускные) и действиям динамических нагрузок от сил давления газов, сил упругости пружин и сил инерции деталей механизма привода. Поэтому клапаны должны обладать высокой прочностью и хорошей сопротивляемостью короблению. Клапан состоит из головки и стержня. Головку клапана выполняют плоской, тюльпанообразной и выпуклой форм. Для лучшего наполнения цилиндра головку впускного клапана обычно выполняют большего размера, чем выпускного.

Стержень клапана имеет цилиндрическую форму.

Для устранения образования нагара на фаске клапана в двигателях выпускные клапаны принудительно поворачиваются во время работы механизмом поворота.

Клапанные гнезда предназначены для повышения износостойкости опорной поверхности, на которую садится клапан. Клапанные гнезда для выпускных, а также и для впускных клапанов при алюминиевой головке (блоке) делают вставными в виде круглых фасонных колец. Гнезда изготовляют из жаростойких чугунов и запрессовывают в головку цилиндра или блок-картер.

Направляющие втулки служат для устранения перекосов клапана при его посадке в гнездо и для отвода от клапанов теплоты. Втулки обычно выполняют цельными цилиндрической формы. Иногда втулку выполняют с буртиком, которым она упирается в блок-картер или головку цилиндров при запрессовке.

Клапанные пружины обеспечивают плотную посадку клапана в гнездо и воспринимают инерционные силы, возникающие при движении деталей механизма газораспределения.

Распределительный вал предназначен для привода и управления движением клапанов. Он имеет опорный шейки, впускные и выпускные кулачки. Кулачки

впускного и выпускного клапанов располагаются на валу в определенном порядке под разными углами в соответствии с порядком работы двигателя и фазами газораспределения.

На распределительном валу могут размещаться эксцентрик для привода топливного насоса, шестерня привода масляного насоса и распределителя зажигания. Распределительный вал у четырехтактных двигателей вращается в два раза медленнее коленчатого вала. Вал вращается в подшипниках скольжения (стальных втулках, залитых тонким слоем антифрикционного сплава), установленных в стенках блок-картера.

К деталям привода клапана относятся толкатели, штанги, коромысла и рычаги.

Толкатели служат для передачи усилия от кулачков вала к клапанам или штангам.

Толкатели применяют как в приводе нижних клапанов, так и в приводе верхних клапанов от нижнего распределительного вала. Толкатель представляет собой пустотелый цилиндрический стакан. Он выполняется грибовидным, цилиндрическим и роликовым. Толкатели при работе совершают одновременно как поступательное движение, так и вращательное вокруг своей оси, благодаря этому обеспечивается равномерный износ тарелки толкателя.

Штанги предназначены для передачи усилия от толкателей к коромыслам при верхнем расположении клапанов. Штанги представляют собой стальные или алюминиевые трубки, на концах которых запрессованы стальные сферические наконечники. Нижний наконечник штанги устанавливают в гнездо толкателя, а верхний соединяют с коромыслом.

Коромысла служат для изменения направления движения штанги. Коромысло представляет собой двуплечий рычаг, один конец которого соединяется с наконечником штанги, а другой опирается на стержень клапана.

На коротком плече коромысла имеется отверстие с резьбой, в которое ввертывается винт для регулировки зазора между клапаном и коромыслом. Коромысло вращается на оси, расположенной на кронштейнах. Подшипники коромысел выполняют в виде бронзовых втулок или игольчатых подшипников. Оси коромысел пустотелые, их внутренняя полость используется как канал для подвода масла к подшипникам и трущимся поверхностям наконечников штанг и регулировочного винта.

3.3 Система охлаждения ДВС

При сгорании рабочей смеси температура газов внутри цилиндра достигает 2070-2600 К, в результате чего детали (головка, цилиндр, поршень, клапаны), соприкасающиеся с горячими газами, сильно нагреваются. Перегрев деталей двигателя может привести к снижению его мощности (вследствие ухудшения наполнения цилиндров), детонационному сгоранию, резкому ухудшению смазки трущихся деталей и, следовательно, повышению потерь на трение.

Переохлаждение деталей двигателя вызывает увеличение потерь на трение, ухудшение испарения топлива и повышение износа цилиндров, поршней и

поршневых колец, что приводит к снижению мощности и ухудшению экономичности двигателя. Для обеспечения нормальной работы двигателя в его конструкции предусматривают специальные устройства для принудительного отвода теплоты от нагреваемых деталей. Совокупность таких устройств образует **систему охлаждения**, которая должна обеспечивать наивыгоднейшую интенсивность охлаждения и возможность поддержания температурного состояния деталей двигателя в допустимых пределах. Системы охлаждения по роду вещества, отводящего теплоту (теплоносителя), бывают жидкостные, в которых в качестве теплоносителя применяют воду или этиленгликолевые антифризы, и воздушные, когда охлаждение деталей осуществляется потоком воздуха.

Система воздушного охлаждения в последнее время широко применяют на автотракторных двигателях небольшой мощности. При воздушном охлаждении отвод теплоты от нагреваемых деталей (головка, цилиндр) осуществляется обдувкой их струей воздуха. Интенсивность воздушного охлаждения зависит от скорости, плотности и температуры охлаждающего воздуха и размеров поверхности отдачи теплоты. Чтобы повысить интенсивность отдачи теплоты окружающему воздуху, наружные поверхности цилиндров и головок изготавливают со специальными ребрами. Обдув ребренных поверхностей цилиндров и головок осуществляется с помощью специальных вентиляторов.

В двигателях с воздушной системой охлаждения применяют центробежные и осевые вентиляторы.

Воздушное охлаждение по сравнению с жидкостным имеет ряд преимуществ:

- 1) меньшую массу, приходящуюся на единицу мощности;
- 2) отсутствие охлаждающей жидкости;

3) более простой уход за системой, особенно в зимнее время. Но воздушное охлаждение по сравнению с жидкостным имеет и существенные недостатки: неравномерное охлаждение многоцилиндровых двигателей, большую склонность к детонации карбюраторных двигателей, повышенный шум при работе и большую затрату мощности на привод вентилятора.

Системы жидкостного охлаждения в зависимости от способа циркуляции охлаждающей жидкости подразделяют на принудительные и термосифонные.

Принудительная система охлаждения может быть выполнена как открытой, так и закрытой. Если система охлаждения постоянно сообщена с атмосферой через пароотводную трубку, то ее называют открытой, а если она разобщена с атмосферой с помощью паровоздушного клапана, то - закрытой.

Закрытая система охлаждения работает при давлении более высоком, чем атмосферное, что уменьшает испарение жидкости и образование накипи внутри системы, поэтому она широко применяется в современных двигателях. Допустимая температура охлаждающей жидкости в закрытых системах 373 К, а в открытых – 363-368 К.

В термосифонной системе охлаждения циркуляция жидкости происходит вследствие разности плотностей нагретой и охлажденной жидкости. Термосифонное охлаждение, несмотря на простоту устройства, не имеет

применения в автотракторных двигателях ввиду малой интенсивности циркуляции, требующей больших емкостей и поверхностей охлаждения радиатора.

Система охлаждения с принудительной циркуляцией жидкости состоит из следующих основных элементов: водяного насоса, радиатора, вентилятора, термостата, рубашек охлаждения цилиндров и головки цилиндров, вспомогательных устройств и контрольно-измерительных приборов (термометры и манометры).

Водяной насос предназначен для создания циркуляции охлаждающей жидкости в системе охлаждения. На двигателях с принудительным охлаждением устанавливаются центробежные насосы большой производительности, создающие давление на линии нагнетания от 0,05 до 0,2 МПа.

Центробежный насос состоит из улиткообразного корпуса с подводящим и отводящим патрубками, крыльчатки, закрепленной на валике, и уплотнительного устройства. Валик насоса обычно объединен с валиком вентилятора и приводится во вращение от коленчатого вала с помощью клиноременной передачи. Принцип действия водяного насоса состоит в следующем. При вращении крыльчатки жидкость, поступающая из подводящего патрубка к центру крыльчатки, отбрасывается центробежной силой к стенкам корпуса, откуда вытесняется в рубашку охлаждения через отводящий патрубок.

Радиатор предназначен для передачи теплоты от нагретой жидкости в окружающий воздух. Он состоит из верхнего и нижнего бачков и сердцевины, в которой происходит охлаждение жидкости. Верхний бачок имеет горловину для заливки жидкости, которая плотно закрывается крышкой. В верхнем бачке установлена контрольная пароотводная трубка, сообщающая внутреннюю полость бачка с атмосферой. Нижний бачок имеет кран или пробку для слива жидкости из системы. К стенкам верхнего и нижнего бачков прикреплены подводящий и отводящий патрубки, которые с помощью шлангов присоединены к патрубкам головки и блока двигателя.

Сердцевины радиаторов изготавливают трубчатопластинчатыми, пластинчатыми и сотовыми. В тракторных двигателях кроме перечисленных радиаторов применяют радиаторы, у которых сердцевина состоит из отдельных железных оцинкованных трубок с оребрением. Трубки большинства радиаторов изготавливают из латуни, а охлаждающие пластины - из латуни или меди.

Паровоздушный клапан предохраняет радиатор от разрушения при повышении или понижении в нем давления. Он устанавливается в крышке радиатора. Если в системе произойдет перегрев жидкости и избыточное давление пара повысится до 0,03 МПа, то паровой клапан открывается и выпускает избыток пара в атмосферу через пароотводную трубку. В случае возникновения в системе разрежения, равного 0,001 МПа, воздушный клапан, размещенный внутри парового клапана, открывается и впускает через пароотводную трубку воздух из атмосферы в верхний бачок радиатора.

Для регулирования количества воздуха, проходящего через радиатор, перед ним устанавливают металлические поворотные пластинки-жалюзи. Эти

пластинки с помощью тяги и системы рычагов могут быть полностью открыты, закрыты или поставлены в промежуточное положение.

Вентилятор предназначен для усиления циркуляции воздуха через радиатор. В двигателях жидкостного охлаждения преимущественно применяют многолопастные осевые вентиляторы с числом лопастей 2-6. Лопasti вентилятора располагают радиально или под некоторым углом.

Термостат в системе охлаждения предназначен для ускорения прогрева двигателя после пуска и для автоматического поддержания температуры охлаждающей жидкости в наивыгоднейших пределах. В двигателях широкое распространение получили жидкостные термостаты.

Жидкостный термостат состоит из закрытого гофрированного баллона, корпуса, основного клапана, вспомогательного клапана, штока и направляющей планки. Гофрированный баллон заполнен легкокипящей жидкостью (5-8 см), состоящей из $\frac{1}{3}$ этилового спирта и $\frac{2}{3}$ дистиллированной воды. Нижнее дно баллона припаяно к рамке в корпусе термостата. К верхнему дну баллона припаяны диск с вспомогательным клапаном и шток с основным клапаном. На конической боковой поверхности корпуса имеется два окна. Термостат устанавливают в патрубке, соединяющем головку цилиндра с радиатором.

Принцип действия двухклапанного термостата состоит в следующем. Когда температура охлаждающей жидкости ниже 343К, основной клапан перекрывает канал, ведущий в радиатор, и жидкость из головки цилиндров через окна поступает по каналу патрубка в водяной насос минуя радиатор. При температуре жидкости выше 343К гофрированный баллон деформируется вследствие увеличения упругости паров смеси и основной клапан открывается, а вспомогательный клапан перекроет окна и жидкость станет циркулировать через радиатор.

Температуру жидкости в системе охлаждения измеряют дистанционным или электрическим термометром.

3.4 Система смазки

Система смазки двигателя предназначена для подачи масла к трущимся поверхностям с целью уменьшения трения, удаления продуктов износа и охлаждения трущихся деталей, повышения их долговечности и износостойкости. Подача масла к трущимся поверхностям должна быть бесперебойной. При недостаточной подаче масла повышается износ деталей, что приводит к снижению мощности двигателя. Избыточная подача масла приводит к проникновению его в камеру сгорания, что увеличивает отложение нагара и ухудшает условия работы двигателя.

Для обеспечения нормальной работы двигателя в его конструкции предусматривают специальные устройства для непрерывного подвода масла к узлам трения и очистки его. Совокупность таких устройств образует систему смазки. Системы смазки в зависимости от способа подвода масла к трущимся поверхностям деталей делят на систему смазки разбрызгиванием и комбинированную.

В системе смазки разбрызгиванием масло, залитое в картер до определенного уровня, при вращении коленчатого вала разбрызгивается кривошипными головками шатунов, имеющими специальные черпачки. Масло при этом дробится на мельчайшие капельки, которые оседают на трущихся поверхностях и смазывают их. Достоинство системы смазки разбрызгиванием - простота устройства, а недостаток - уменьшение интенсивности смазки по мере снижения уровня масла в картере. Система смазки разбрызгиванием не имеет применения в многоцилиндровых двигателях. Она применяется только лишь в пусковых двигателях, работающих непродолжительное время.

В комбинированной системе смазки нагруженные детали смазываются маслом, подаваемым на трущиеся поверхности под давлением, создаваемым насосом, а менее нагруженные - разбрызгиванием или самотеком.

Комбинированные системы смазки в зависимости от места нахождения основного количества масла разделяют на системы с мокрым картером, в которых резервуаром для масла служит поддон картера, и с сухим картером, в которых резервуаром для масла служат специальные баки, расположенные внутри картера или вне двигателя.

В большинстве современных автотракторных двигателей применяют комбинированную систему смазки с мокрым картером. Циркуляция масла в двигателе создается двухсекционным шестеренчатым масляным насосом, в который масло поступает из поддона картера через маслоприемник. Верхняя секция насоса подает масло по каналу в фильтр грубой очистки. Часть очищенного в этом фильтре масла (около 20...25 %) поступает в центробежный фильтр тонкой очистки. В нем масло очищается и стекает в поддон картера. По каналу масло подается к коренным подшипникам коленчатого вала и подшипникам распределительного вала. От коренных подшипников масло через каналы в коленчатом валу поступает в полости шатунных шеек, а из них - к шатунным подшипникам. На стенки цилиндра масло впрыскивается из отверстия в нижней головке шатуна при совпадении этого отверстия с каналом в шатунной шейке коленчатого вала. Поршневой палец смазывается маслом, снимаемым со стенок цилиндра масляным кольцом и направляемым во внутренние полости бобышек поршня и верхней головки шатуна. Чтобы смазать детали клапанного механизма, масло подается по каналу из средней шейки распределительного вала. Из канала масло через паз в стойке коромысла и через зазор между отверстием в стойке и болтом, крепящим стойку, поступает внутрь полой оси коромысел и оттуда к втулкам коромысел. От втулок коромысел масло через канал, выполненный в коротком плече коромысла, подается для смазки верхних сферических наконечников штанг. По каналам и сверлениям в передней шейке распределительного вала масло направляется к упорному фланцу и шестерням распределительного вала. Толкатели смазываются маслом, поступающим непосредственно из магистральных каналов. Нижняя секция насоса подает масло по маслопроводу через кран в масляный радиатор, где масло охлаждается. Охлажденное масло сливается в поддон картера по трубке.

Таким образом, масло под давлением поступает к коренным и шатунным подшипникам коленчатого вала, подшипникам и шестерням распределительного

вала, кривошипно-шатунному механизму компрессора, упорному фланцу распределительного вала и к втулкам коромысел. Остальные трущиеся детали смазываются разбрызгиванием.

Комбинированная система смазки состоит из следующих основных элементов: масляного насоса, масляных фильтров грубой и тонкой очистки, масляного радиатора и контрольных приборов (манометра, термометра и указателя уровня масла).

Масляный насос предназначен для нагнетания масла в систему смазки двигателя. Насосы системы смазки обычно выполняют шестеренчатого типа с шестернями внешнего зацепления. Шестеренчатые насосы изготовляют одно-, двух- и трехсекционные.

Односекционный масляный насос состоит из корпуса, в котором размещены шестерни: ведущая и ведомая. Шестерня приводится во вращение валиком, на котором она крепится с помощью шпонки. Ведомая шестерня свободно вращается на оси. В корпусе имеется два канала - всасывающий и нагнетающий. К всасывающему каналу подсоединена заборная трубка с плавающим маслоприемником, имеющим фильтрующую сетку. В корпусе насоса размещен редукционный клапан. Масляный насос обычно располагается внутри поддона картера или снаружи блока цилиндров, имея приемник масла в масляной ванне.

Принцип действия масляного насоса состоит в следующем. При вращении шестерен масло поступает во всасывающий канал и, попадая во впадины между зубьями шестерен, переносится ими по стенке корпуса в нагнетательный канал, а затем в масляную магистраль.

Редукционный клапан предназначен для ограничения давления в масляной магистрали. При повышении давления в магистрали редукционный клапан обеспечивает слив части масла в поддон картера.

Масляные фильтры предназначены для очистки масла от механических примесей и смолистых веществ. Масло очищается в фильтрах грубой и тонкой очистки.

Фильтры грубой очистки обеспечивают очистку масла от крупных частиц (40-80 мкм) механических примесей и осадков. Они обладают большой пропускной способностью, малым сопротивлением фильтрующего элемента и включаются в масляную систему последовательно, пропуская все масло, подаваемое насосом в магистраль. Фильтрующие элементы фильтров грубой очистки выполняют сетчатыми, пластинчато- и ленточно-щелевыми.

Фильтры тонкой очистки обеспечивают очистку масла от механических частиц небольшого размера до 2-3 мкм и смолистых веществ. Они обладают малой пропускной способностью (10—15% производительности масляного насоса), высоким сопротивлением фильтрующего элемента и включаются в систему смазки параллельно главной масляной магистрали. Фильтрующие элементы тонкой очистки (картонные, бумажные, матерчатые и др.) - сменные. В автотракторных двигателях применяют картонные фильтрующие элементы.

На двигателях в качестве фильтров тонкой очистки широко применяют центробежные фильтры или центрифуги с частотой вращения ротора 7000—9000 об/мин. Очистка масла в нем осуществляется под действием центробежных сил,

возникающих при вращении ротора центрифуги. Ротор состоит из корпуса с маслоотводными каналами и колпака, скрепленных гайкой. Каналы сверху закрыты сетчатым фильтром. Внизу маслоотводящие каналы сообщаются с касательными каналами, которые оканчиваются форсунками с жиклерами. Ротор в сборе надет на ось и сверху закрыт кожухом, прижатым барашком к корпусу фильтра.

Масло под давлением, создаваемым насосом, поступает во внутреннюю полость ротора через канал в оси. Заполнив полость ротора, масло проходит через сетчатый фильтр и каналы к жиклерам форсунок, откуда выбрасывается с большой скоростью и сливается в поддон картера двигателя. Возникающие при этом реактивные силы вращают на оси ротор с большим числом оборотов. Под действием центробежных сил механические частицы, находящиеся в масле, отбрасываются к внутренней поверхности стенок колпака и оседают на них в виде плотного слоя. Осадок удаляют при техническом обслуживании.

Масляные радиаторы предназначены для охлаждения масла в летнее время и при перегрузках двигателя. Конструкции радиаторов, передающих теплоту от масла в окружающую среду, по роду охладителя делят на водо-масляные и воздушно-масляные. В водомасляных радиаторах трубки омываются жидкостью системы охлаждения, а в воздушно-масляных - атмосферным воздухом.

Наибольшее распространение в автотракторных двигателях получили воздушно-масляные радиаторы, которые устроены подобно водяным радиаторам, но по размерам значительно меньше. Масляный радиатор обычно устанавливают перед водяным радиатором, и циркулирующее масло по трубкам охлаждается потоком воздуха, создаваемым вентилятором. Масляный радиатор включают и отключают с помощью крана-переключателя или клапана-термостата. Клапан-термостат устанавливают в канале или трубопроводе, соединяющем выходной и входной патрубки радиатора. Пружина клапана-термостата отрегулирована на перепад давлений 0,5—0,7 МПа. При перепаде давления, большем 0,5—0,7 МПа, клапан-термостат откроется и масло, минуя радиатор, проходит в фильтр грубой очистки.

Контрольные приборы системы смазки состоят из устройств для наблюдения за давлением (манометр) и температурой (дистанционный термометр) масла в системе смазки. В системе смазки с мокрым картером для проверки уровня масла в картере имеется маслоизмерительный стержень, на котором нанесены метки, указывающие максимально и минимально допустимые уровни.

3.5 Вентиляция картера

Во время работы двигателя через неплотности между поршневыми кольцами и цилиндром в поддон картера проникает некоторое количество паров топлива, воздуха и отработавших газов, содержащих пары воды и сернистый газ. Пары топлива, конденсируясь на стенках цилиндра и попадая в поддон картера, разжижают масло. Пары воды, конденсируясь в поддоне картера, вспенивают масло и приводят к образованию эмульсий. Сернистый газ, соединяясь с водой,

имеющейся в масле, образует сернистую или серную кислоту. Кислота, попадая с маслом на рабочие поверхности деталей, разъедает их, ускоряя износ.

Пары топлива и отработавшие газы удаляются из поддона картера двигателя путем вентиляции картера. На современных автотракторных двигателях устанавливают принудительные системы вентиляции картера. Из поддона картера газы отсасываются через специальный клапан, установленный на впускном трубопроводе, и трубку в центральную часть впускного трубопровода. При работе двигателя на небольших нагрузках клапан под действием большого разрежения во впускном трубопроводе поднимается вверх, уменьшая проходное сечение отверстия клапана до величины, необходимой для прохода картерных газов. Если двигатель работает на больших нагрузках, то разрежение во впускном трубопроводе уменьшается и клапан под действием собственной массы опускается вниз, увеличивая проходное сечение отверстия клапана. Частицы масла от отсасываемых газов отделяются в специальном уловителе, расположенном перед клапаном. Свежий воздух поступает в поддон картера двигателя через воздушный фильтр, расположенный на маслосливной горловине.

3.6 Системы питания ДВС

Образование смеси в дизелях происходит внутри цилиндра, когда в конце такта сжатия в камеру сгорания вводится топливо. Высокое давление сжатого в цилиндре воздуха, очень малое время смесеобразования, небольшой объем камеры сжатия и сравнительно большая вязкость топлива создают неблагоприятные условия для мелкого (тонкого) распыливания топлива и перемешивания его со сжатым нагретым воздухом.

Для получения смеси, которая могла бы быстро и полно сгорать, топливо вводится (впрыскивается) в цилиндр форсункой под давлением, значительно превышающим давление воздуха в цилиндре в конце такта сжатия. Для более тонкого распыливания топлива применяют форсунки с несколькими распыливающими отверстиями малого диаметра.

У многих двигателей для улучшения смесеобразования в поршнях делают специальные камеры. Топливо впрыскивается на внутренние ее стенки, образуя тонкую пленку. Температура стенок камеры способствует быстрому его испарению и хорошему смесеобразованию (объемно-пленочному).

На некоторых двигателях применено вихрекамерное смесеобразование. Камера сжатия состоит из двух полостей - основной камеры сгорания и дополнительной (вихревой) образованной углублением в головке и сферической вставкой. Вихревая камера соединяется с основной наклонными каналами. При такте сжатия воздух из цилиндра поступает в вихревую камеру и приобретает интенсивное вращательное движение. Через форсунку во вращающийся поток воздуха вводится топливо, которое хорошо с ним перемешивается и воспламеняется. Давление в вихревой камере резко повышается и горючие газы вместе с несгоревшим из-за недостатка воздуха топливом выбрасываются в надпоршневое пространство, где и происходит полное сгорание топлива.

Давление впрыска топлива у вихрекамерных двигателей не более 13 МПа. У дизелей с неразделенными камерами сгорания давление впрыска составляет 15...25 МПа. У первых дизелей применяются однодырчатые форсунки, у последних — многодырчатые.

Система питания дизеля состоит из агрегатов и устройств, обеспечивающих очистку и своевременную подачу в цилиндры воздуха (система питания воздухом) и топлива (система питания топливом), а также отвод отработавших газов (система удаления отработавших газов). У двигателей с наддувом в систему питания воздухом входит еще турбокомпрессор.

Система питания воздухом состоит из воздухоочистителя и впускного коллектора, установленного на головке цилиндров.

Система питания топливом состоит из топливного бака, топливных фильтров грубой и тонкой очистки, подкачивающего и топливного насосов, форсунок и топливопроводов низкого и высокого давления. Из топливного бака топливо поступает к фильтру грубой очистки, где освобождается от крупных механических примесей. Предварительно очищенное топливо подкачивающим насосом, установленным на топливном насосе, под давлением 0,07...0,18 МПа нагнетается в фильтр тонкой очистки для удаления мельчайших механических примесей. Далее топливо поступает в топливный насос, который в нужное время подает под высоким давлением дозированные порции к форсункам, впрыскивающим его в камеры сгорания. Топливо, просочившееся через зазоры между иглой и корпусом распылителя, отводится от форсунок в топливный бак по сливному трубопроводу. Отработавшие газы удаляются из цилиндров по выпускному коллектору и через глушитель выбрасываются в атмосферу.

3.6.1 Воздухоочистители. ГМЭС большей частью работает в пыльной среде. Пыль, попадая вместе с воздухом в цилиндры, вызывает износ поршней, колец, клапанов и других деталей, преждевременно выводит двигатель из строя.

Очистка воздуха осуществляется инерционно-центробежным, контактно-масляным и фильтрующим способами. В инерционно-центробежных фильтрах пыль отделяется под действием инерционной силы, возникающей при вращении воздуха и резком изменении направления его движения. Фильтр может быть сухим и мокрым инерционным.

В контактно-масляных фильтрах воздух проходит через пакеты (кассеты) из волокнистых материалов или проволоочной путанки, смоченные маслом. При этом частицы пыли застревают в толще фильтрующего элемента и прилипают к масляной пленке.

Сухие фильтрующие (пористые) элементы изготавливаются из специальной пористой бумаги или пластика (пенополиуретана).

При прохождении воздуха через них пыль оседает на поверхности бумаги или в толще пластика. Чтобы увеличить пропускную способность фильтра, бумагу укладывают гармошкой и придают ей форму фильтрующего патрона. Бумажные фильтры работают только в сухом виде, из пластика — в сухом и мокром.

На тракторных двигателях применяются комбинированные воздухоочистители, сочетающие несколько способов очистки.

От крупных частиц воздух освобождается в инерционном фильтре или циклоне, установленном на центральной трубе воздухоочистителя - первая ступень. При прохождении через инерционный фильтр воздух засасывается через сетку и, проходя между лопастями завихрителя, приобретает вращательное движение. Частицы пыли под действием центробежной силы отбрасываются к стенкам колпака и через щели выбрасываются в атмосферу. На выходе из центральной трубы воздух ударяется о масляную ванну в чашке, резко меняет направление, и частицы пыли улавливаются маслом - вторая ступень (мокрая инерционная).

Третья ступень очистки (мокрая контактная) - воздух проходит через три фильтрующих элемента из капроновой путанки. Снизу воздухоочиститель закрыт поддоном, который является и резервуаром для масла. Поддон крепится к корпусу стяжными болтами.

3.6.2 Топливные фильтры. Прецизионные пары топливного насоса и форсунок изготавливаются с большой точностью, зазор между ними не превышает 0,002 мм. Поэтому в системах питания дизелей применяется тщательная фильтрация топлива фильтрами грубой и тонкой очистки. Фильтры грубой очистки задерживают механические частицы размером более 0,05...0,1 мм и воду, тонкой очистки - размером 0,001...0,05 мм.

Фильтр состоит из корпуса, стакана, распределителя, фильтрующего элемента и успокоителя. Фильтрующий элемент представляет собой латунную сетку с отражателем, смонтированную на резьбовой втулке. Топливо через штуцер подводится в кольцевую полость и затем через отверстия распределителя поступает во внутреннюю полость стакана. Забор топлива к штуцеру производится через воронкообразный фильтрующий элемент из центральной части стакана. Поэтому вновь поступающее топливо, двигаясь с большой скоростью в кольцевом зазоре между стаканом и фильтрующим элементом, попадает под успокоитель в нижнюю часть стакана - в зону отстоя. Успокоитель отделяет зону отстоя от зоны циркуляции топлива. Сливают отстой через закрываемое пробкой отверстие. Удаление воздуха производят через отверстие с пробкой.

Иногда на тракторных двигателях применяются пластинчатые фильтры грубой очистки. В качестве фильтрующего материала у фильтров тонкой очистки может использоваться фетр, хлопчатобумажные нить, концы, специальная бумага и другие материалы. Наибольшее распространение получили фильтры тонкой очистки с бумажными фильтрующими элементами, срок службы которых 1500...2000 ч.

Фильтр тонкой очистки топлива двигателя Д-240 состоит из корпуса, внутри которого установлены три бумажных фильтрующих элемента с уплотнителем. Сверху корпус закрыт крышкой, в которой смонтирован вентиль с трубкой для удаления воздуха из фильтра. Отстой из фильтра сливается через отверстие, закрываемое пробкой. Фильтрующий элемент изготовлен из специальной пористой бумаги в виде гофрированного стакана и для придания

жесткости закрепляется в перфорированном картонном цилиндре. Топливо поступает в корпус фильтра под давлением и, проходя через слой бумаги, очищается.

3.6.3 Топливные баки изготавливаются сваркой из листовой стали. Внутри бака делают перегородки для жесткости и уменьшения взбалтывания топлива. Заливная горловина имеет сетчатый фильтр и закрывается пробкой с отверстием для сообщения внутренней полости с атмосферой. Конец заборной трубки установлен выше днища бака, чем исключается попадание отстоя топлива в топливопровод.

3.6.4 Подкачивающие насосы. На тракторных двигателях применяются поршневые и шестеренные подкачивающие насосы. Шестеренные подкачивающие насосы на тракторных двигателях применяются редко.

Работает поршневой подкачивающий насос следующим образом. При набегании эксцентрика на толкатель последний перемещает поршень через шток вверх, сжимая при этом пружину. В полости над поршнем давление повысится, а в полости под поршнем создается разрежение. При этом впускной клапан закроется, а нагнетательный откроется и топливо по каналам и из полости над поршнем перейдет в полость под поршнем. При сбегании эксцентрика с толкателя поршень под действием пружины перемещается вниз. Над поршнем создается разрежение, под действием которого впускной клапан открывается, а нагнетательный закрывается. Через впускной клапан по каналам в надпоршневое пространство поступает топливо, а по каналу из полости под поршнем оно нагнетается в фильтр тонкой очистки. Таким образом, нагнетание топлива происходит при движении поршня под действием пружины. Если противодействие фильтра больше, чем развивает пружина, поршень сожмет ее и шток будет перемещаться, не воздействуя на поршень.

Чтобы просочившееся через зазор между штоком и его направляющей топливо не попало в картер насоса, имеется отводящий канал. На подкачивающем насосе установлен поршневой насос ручной подкачки для удаления воздуха из системы питания. Он состоит из цилиндра, поршня со штоком, запорного шарика и рукоятки, наворачиваемой на цилиндр.

Топливопроводы обеспечивают герметичность топливной системы при всех рабочих давлениях. Их изготавливают из медных или латунных трубок. Топливопроводы между собой и с приборами системы питания соединяются с помощью штуцеров и накидных гаек.

Впускные трубопроводы предназначены для распределения воздуха по цилиндрам двигателя. Их отливают из чугуна или алюминиевого сплава. Для подогрева горючей смеси среднюю часть впускного трубопровода выполняют с двойными стенками, между которыми проходят отработавшие газы, поступающие через специальные окна из выпускного трубопровода. В ряде конструкций двигателей подогрев смеси регулируют с помощью заслонки, установленной в выпускном трубопроводе.

Выпускные трубопроводы предназначены для отвода отработавших газов от цилиндров двигателей. Их отливают из чугуна или алюминиевого сплава, они имеют фланец для крепления выхлопного трубопровода, идущего к глушителю.

Глушитель предназначен для уменьшения шума при выхлопе отработавших газов и для искрогашения. Глушитель представляет собой цилиндрический барабан с внутренними перегородками, имеющими большое количество отверстий. Действие глушителя основано на уменьшении скорости и давления выхлопных газов.

3.6.5 Форсунки. На тракторных дизелях применяются закрытые форсунки, у которых внутренняя полость сообщается с камерой сгорания только во время впрыска топлива. Это достигается установкой в форсунке запорного клапана (иглы), нагруженного пружиной. Открытие распыливающих отверстий происходит автоматически под действием давления топлива. Благодаря этому впрыск топлива начинается и заканчивается при определенном давлении, что значительно улучшает смесеобразование.

Форсунка состоит из корпуса, внутри которого находятся штанга и пружина. Верхней частью пружина через тарелку упирается в регулировочный винт с контргайкой, ввернутой в стакан. Последний ввернут в корпус форсунки. К нижней части гайкой прикреплен корпус распылителя, в котором установлена игла. Пружина через штангу прижимает иглу к седлу распылителя, и уплотняющий поясок запирает выход топлива из распылителя.

Топливо от топливного насоса по топливопроводу высокого давления, каналу в корпусе форсунки и каналам в распылителе (два-три канала) поступает в его полость. Под давлением топлива на конус игла поднимается и в камеру сгорания впрыскивается топливо. После отсечки топлива игла усилием пружины садится на седло и впрыск прекращается. Регулировочным винтом изменяется сжатие пружины, т. е. регулируется давление начала впрыска. Просочившееся через зазор между иглой и распылителем топливо через отверстия и по топливопроводу отводится в топливный бак.

В зависимости от конструкции распылителей форсунки бывают штифтовые и бесштифтовые. У штифтовой имеется одно распыливающее отверстие диаметром 1,5...2 мм. Игла форсунки снабжена коническим штифтом для придания впрыснутому топливу конусообразной струи. У бесштифтовых форсунок же, устанавливаемых на дизелях с неразделенными камерами сгорания, имеется 3...7 направленных под углом распыливающих отверстий диаметром 0,15...0,35 мм.

3.6.6 Топливные насосы высокого давления. Топливный насос предназначен для подачи под давлением к форсунке каждого цилиндра одинаковой точно отмеренной порции топлива, соответствующей режиму работы дизеля, в момент, обеспечивающий хорошие условия смесеобразования и сгорания. В автотракторных дизелях наиболее распространены топливные насосы золотникового типа с постоянным ходом плунжера. В этих насосах количество подаваемого топлива регулируют поворотом плунжера.

На тракторных двигателях применяются топливные насосы двух типов: многоплунжерные рядные и одноплунжерные распределительного типа. Многоплунжерный (многосекционный) насос состоит из одинаково устроенных насосных секций, равных числу цилиндров двигателя (двух-, четырех-, шести-, восьми- и двенадцатиплунжерные насосы). В одноплунжерных насосах

распределительного типа один насосный элемент обслуживает все или несколько цилиндров (у двигателей СМД-60 и СМД-62 по три цилиндра).

Многоплунжерные топливные насосы разных марок устанавливаются на большинстве тракторных дизелей. Все они имеют в целом одинаковое устройство и отличаются количеством секций, диаметром и ходом плунжера, а также конструктивным выполнением отдельных деталей.

Устройство насоса. Он состоит из корпуса, кулачкового вала, головки, четырех секций насоса и механизма регулирования количества подаваемого топлива.

Корпус представляет собой отлитую из чугуна коробку к которой крепят головку с помощью болтов и в которой размещают узлы и детали насоса. Корпус внутри имеет горизонтальную перегородку, которая делит его на верхнюю и нижнюю полости. В верхней полости размещены механизм регулирования количества подаваемого топлива и выступающие из головки части плунжерных пар, а в нижней — кулачковый вал. В горизонтальной перегородке имеются четыре отверстия, в которых установлены толкатели. С правой стороны корпуса имеется прилив для установки топливоподкачивающего насоса. К заднему торцу корпуса крепят регулятор частоты вращения, а к переднему торцу - плиту и установочный фланец.

Кулачковый вал служит для периодического перемещения плунжеров из нижнего положения в верхнее. Вал установлен на шариковых подшипниках. Он имеет кулачки тангенциального профиля и эксцентрик для привода в действие топливоподкачивающего насоса. Вал приводится во вращение от шестерни, установленной на фланец. Шестерня соединяется с валом с помощью шлицевой втулки, которая насажена на его конический хвостовик. На конце вала со стороны регулятора закреплена шестерня, с помощью которой приводится во вращение механизм регулятора. Кулачковый вал у четырехтактных дизелей вращается в два раза медленнее коленчатого вала. Вал изготавливают штамповкой из углеродистой стали.

Головка представляет собой фасонную отливку из чугуна, в которой размещены детали секций насоса, два продольных канала, соединенных между собой поперечным каналом, и шариковый перепускной клапан. Головка насоса соединена с корпусом шпильками.

Секция насоса состоит из гильзы, плунжера, пружины плунжера, нагнетательного клапана с седлом и пружиной, штуцера, толкателя с роликом и регулировочным болтом.

Гильза представляет собой цилиндр, в верхней утолщенной части которого расположены два сквозных отверстия: верхнее - спускное и нижнее - перепускное. Гильзу устанавливают в головке насоса в определенном положении и фиксируют от проворачивания установочным винтом.

Плунжер предназначен для подачи топлива под давлением к форсунке и является золотником для регулирования количества подаваемого топлива соответственно нагрузке дизеля. В верхней части плунжер имеет кольцевую выточку и вертикальный паз, имеющий с одной стороны спиральную отсечную кромку для регулирования количества подаваемого плунжером топлива. Головка

плунжера имеет центральное вертикальное и радиальное отверстия. На цилиндрической части плунжера предусмотрена кольцевая выточка для распределения смазки по трущимся поверхностям плунжера и гильзы. В нижней части плунжера имеется выступ, на который устанавливают тарелку плунжера. На конце плунжера напрессован поводок. Плунжер перемещается в гильзе, как поршень в цилиндре.

Нагнетательный клапан служит для периодического разобщения внутренней полости топливопровода высокого давления с надплунжерным пространством. Клапан имеет коническую запорную фаску и цилиндрический разгрузочный пояс, хвостовик с продольными пазами.

Толкатель служит для передачи движения от кулачкового вала к плунжеру. Он представляет собой тонкостенный стальной стакан. Сверху в толкатель ввернут регулировочный болт с контргайкой. В нижней части корпуса толкателя запрессована ось ролика.

Механизм регулирования количества подаваемого топлива предназначен для увеличения или уменьшения количества топлива, подаваемого в цилиндры, при изменении режима работы дизеля. Механизм состоит из рейки, на которой стяжными болтами закреплены хомутики и скобы. В пазы хомутиков вводят поводки плунжеров. Рейка с помощью скобы связана с регулятором частоты вращения.

Трущиеся поверхности подвижных деталей топливного насоса, кроме гильзы и плунжера смазываются дизельным маслом, которое находится в нижней полости корпуса насоса. Поверхности гильзы и плунжера смазываются дизельным топливом.

Количество подаваемого секцией топлива изменяется поворотом плунжера через поводок. При повороте плунжера вправо отсечная кромка позже совместится с перепускным окном и подача топлива возрастет. При повороте влево отсечная кромка раньше откроет перепускное окно и подача уменьшится. Когда плунжер повернуть влево до совпадения вертикального паза отсечной кромки с перепускным окном, топливо к форсунке не подается.

Момент подачи топлива (угол опережения впрыска) регулируют регулировочным болтом, ввернутым в толкатель. При выворачивании болта плунжер займет более высокое исходное положение в гильзе, и при движении вверх раньше перекроются окна гильзы, а следовательно, раньше начнется подача. При вворачивании болта угол опережения впрыска увеличивается.

Принцип действия топливного насоса. Рабочий цикл насоса состоит из трех процессов: наполнение, нагнетание и перепуск.

Наполнение. Плунжер под действием пружины перемещается вниз. При этом, впускное отверстие открывается и топливо под давлением, создаваемым топливоподкачивающим насосом, из капала поступает в надплунжерное пространство, заполняя его.

Нагнетание. При набегании кулачка вала на ролик толкателя плунжер поднимается. В начальный период подъема плунжера часть топлива перетекает из гильзы через впускное отверстие в канал. После того как верхняя кромка плунжера перекроет впускное отверстие, давление топлива в надплунжерном

пространстве повышается. Под действием давления топлива нагнетательный клапан, преодолевая сопротивление пружины, откроется и топливо по топливопроводу высокого давления поступит к форсунке.

Перепуск топлива. При дальнейшем перемещении плунжера вверх наступит момент, когда отсечная кромка откроет перепускное отверстие и топливо из надплунжерного пространства через отверстия и паз перетекает в перепускной канал. Давление топлива в надплунжерном пространстве падает, и нагнетательный клапан под действием пружины садится на свое седло, разобщая надплунжерное пространство с внутренней полостью топливопровода высокого давления. Подача топлива к форсунке прекращается несмотря на продолжающееся движение плунжера вверх. При опускании нагнетательного клапана в седло цилиндрический разгрузочный пояс, действуя как плунжер, отсасывает из топливопровода высокого давления некоторое количество топлива. В результате давление топлива в топливопроводе высокого давления резко падает и форсунка мгновенно прекращает подачу топлива в цилиндр дизеля.

Количество подаваемого топлива регулируют изменением полезного хода плунжера, т. е. хода, в течение которого происходит подача топлива к форсунке. Изменение полезного хода плунжера достигается поворотом его вокруг продольной оси.

Плунжер поворачивается с помощью рейки и хомутиков, в пазы которых входят поводки плунжеров. При перемещении рейки вдоль оси хомутики поворачивают плунжеры в гильзах.

3.6.7 Регуляторы частоты вращения. В процессе эксплуатации автотракторные дизели работают с переменными нагрузками. Изменение нагрузки на дизель вызывает изменение частоты вращения коленчатого вала (скоростного режима).

Работа дизеля с непрерывно меняющимся скоростным режимом приводят к повышенным износам его деталей и снижению экономических показателей. Поэтому для поддержания заданного скоростного режима работы дизеля необходимо с изменением нагрузки изменять подачу топлива. При увеличении нагрузки частота вращения коленчатого вала уменьшается, поэтому подачу топлива необходимо увеличить, иначе дизель может остановиться. С уменьшением нагрузки частота вращения увеличивается, поэтому подачу топлива следует уменьшить, иначе частота вращения более увеличится и может произойти разнос дизеля.

Изменение подачи топлива цилиндры дизеля при изменении нагрузки осуществляется специальным механизмом регулятором частоты вращения, которой автоматически поддерживает заданный скоростной режим при изменяющейся нагрузке. На автотракторных двигателях устанавливают центробежные регуляторы, которые по принципу действия делят на одно-, двух- и всережимные.

Однорежимные регуляторы поддерживают только один скоростной режим работы двигателя. Их применяют на карбюраторных пусковых двигателях.

Двухрежимные регуляторы ограничивают максимальную частоту вращения коленчатого вала и обеспечивают устойчивую работу на минимальных оборотах холостого хода. Их применяют на двухтактных дизелях.

Всережимные регуляторы обеспечивают устойчивую работу двигателя на всех скоростных режимах, начиная от холостого хода и кончая максимальной частотой вращения коленчатого вала. Их широко применяют на автотракторных дизелях.

По принципу действия регуляторы делятся на электронные, пневматические, гидравлические, механические и комбинированные.

3.7 Система пуска ДВС

Система пуска ДВС представляет совокупность приспособлений и устройств, предназначенных для быстрого и надежного пуска двигателя.

Пусковым числом оборотов называют минимальное число оборотов коленвала, при котором происходит пуск двигателя. Для дизелей это число при температуре 0...5° С составляет 150...250 об/мин.

Существуют следующие способы пуска: от руки (рукояткой, пусковым шнуром); электростартером; вспомогательным карбюраторным двигателем; сжатым воздухом.

Для облегчения пуска двигателя, особенно в холодное время года, применяют декомпрессионные механизмы и пусковые подогреватели.

Последние служат для подогрева воздуха, поступающего в цилиндры двигателя (Д-240, СМД-14, Д-21), или охлаждающей жидкости и смазки (ЯМЗ-238НБ, Д-130, СМД-60, А-41, Д-240).

Для подогрева воздуха устанавливаются электрофакельные подогреватели. Для подогрева охлаждающей жидкости и смазки на тракторах устанавливают предпусковые подогреватели жидкостного типа.

3.7.1 Электрический стартер должен развивать достаточную мощность для пуска двигателя при заданных температурных условиях, автоматически отключаться после его запуска, создавать большой крутящий момент при минимальном токе. Стартеры состоят из двигателя, механизма привода и механизма управления.

В качестве двигателей электрических стартеров применяют электродвигатели постоянного тока с последовательным возбуждением, развивающие максимальный крутящий момент при заторможенном якоре.

Стартеры различают по типам механизмов привода и управления. Механизм привода служит для соединения шестерен стартера с венцом маховика перед включением и его автоматического отключения от венца маховика при запуске двигателя. Механизмы привода бывают механическими и электромагнитными. Механизм управления предназначен для включения тока в цепь стартера после соединения его шестерни с венцом маховика и выключения тока в этой цепи, как только двигатель начнет работать. Механизмы управления бывают непосредственными и дистанционными. Наибольшее распространение в

настоящее время получили стартеры с дистанционным управлением и электромагнитным приводом.

3.7.2 Вспомогательный пусковой двигатель. Широкое применение систем пуска тракторных двигателей посредством вспомогательных карбюраторных двигателей вызвано их надежностью в широком диапазоне температуры окружающей среды. В качестве вспомогательных применяют двухтактные с кривошипно-камерной продувкой одноцилиндровые карбюраторные двигатели ПД-10У и их модификации мощностью от 5,15 до 9,93 кВт, а также четырехтактные двухцилиндровые карбюраторные двигатели П-23 и их модификации (тракторы Т-130, Т-100М) мощностью от 12,4 до 13,98 кВт. Устройство вспомогательного двигателя рассмотрим на примере двигателя П-10УД мощностью 7,36 кВт.

Двигатель состоит из остова, кривошипно-шатунного механизма, систем охлаждения, питания, зажигания, пуска, регулирования. Для передачи крутящего момента от коленчатого вала пускового двигателя к коленчатому валу основного служит силовая передача, состоящая из сцепления, муфты свободного хода, механизма привода и выключения.

В качестве топлива в пусковом двигателе применяется смесь из пятнадцати частей бензина и одной части дизельного масла, служащего смазкой.

Аналогично устроены и работают силовые передачи пусковых двигателей тракторов.

3.8 Электрооборудование ГМЭС

Электрооборудование ГМЭС включает ряд различных приборов, аппаратов и устройств, предназначенных для пуска двигателя, освещения, звуковой и световой сигнализации, контроля за работой.

В целом тракторное электрооборудование можно разделить по функциональным признакам на следующие системы: электроснабжения; пуска; освещения и световой сигнализации; звуковой сигнализации; контрольно-измерительных приборов; отопления и вентиляции; дополнительного электрооборудования; зажигания (у пусковых двигателей).

Приборы тракторного электрооборудования питаются постоянным током напряжением 12 и 24 В. На тракторах применяется однопроводная система электрооборудования, так как вторым проводом являются металлические детали трактора, называемые корпусом (массой). К массе трактора присоединены отрицательные клеммы источников и потребителей электроэнергии,

В целом приборы, аппараты и устройства электрооборудования трактора разделяются на две группы: источники и потребители тока. Первая включает аккумуляторную батарею и генератор, вторая – все остальные элементы.

Виды источников тока. На тракторах применяют два вида источников тока: аккумуляторную батарею, питающую потребители при неработающем двигателе за счет преобразования химической энергии в электрическую; генератор, питающий потребители и подзаряжающий аккумулятор при работающем

двигателе путем преобразования механической энергии, отбираемой от двигателя, в электрическую.

Наибольшее распространение получила система постоянно-переменного тока, у которой в качестве основного источника используется трехфазный генератор переменного тока с электромагнитным возбуждением. Для совместной работы с аккумуляторной батареей и потребителями генератор оборудуется выпрямителем и реле-регулятором. Применяется и система постоянного тока (ДТ-75) с генератором постоянного тока.

На ГМЭС устанавливают кислотно-свинцовые аккумуляторные батареи из шести последовательно соединенных аккумуляторов напряжением 2В каждый. Эти батареи называют стартерными, так как они могут кратковременно отдавать большой ток при незначительном падении напряжения, что необходимо при работе стартера в период пуска двигателя.

Электролитом в аккумуляторе служит раствор химически чистой серной кислоты и дистиллированной воды. Электролит должен иметь определенную плотность (1,25. ..1,31 г/см³), зависящую от климатических условий и времени года. Для ее измерения используют специальный прибор — ареометр. Уровень электролита должен быть на 10...15 мм выше предохранительного щитка, в современных аккумуляторах при заливке он устанавливается автоматически на необходимой высоте (на уровне нижней кромки заливной горловины). Номинальное напряжение заряженного аккумулятора - 2В.

Генераторы переменного тока в сравнении с генераторами постоянного тока проще по конструкции, при той же мощности имеют меньшие габариты и массу, более надежны в эксплуатации и обеспечивают подзаряд аккумуляторной батареи при малых частотах вращения коленвала двигателя.

Приборы освещения и световой сигнализации делятся на две группы: внешнего освещения и вспомогательные. К приборам внешнего освещения относятся передние и задние фары, габаритные фонари, фонари освещения номерного знака и стоп-сигнала, указатели поворота. Вспомогательные приборы включают плафоны освещения кабины и моторного отсека, лампы освещения щитка приборов, переносные лампы. К группе вспомогательных приборов относят также контрольные лампы со светофильтрами красного, синего и зеленого цветов, устанавливаемые на щитке приборов и сигнализирующие о включении массы, указателя поворотов, дальнего света, перегреве двигателя, падении давления в системе смазки двигателя или трансмиссии (Т-130), загрязнении фильтра грубой очистки масла (К-700) и т. д.

В цепи освещения и сигнализации включаются переключатели, выключатели и предохранители для защиты источников тока и цепей от перегрузок при коротком замыкании. В качестве источников света в приборах освещения и сигнализации применяют электрические односветные (с одной спиралью) и двухсветные лампы накаливания, конструктивное исполнение и характеристики которых зависят от назначения и места установки.

Для звуковой предупредительной сигнализации на тракторах применяют шумовые с электромагнитной вибрацией сигналы постоянного тока.

4. СИЛОВЫЕ ПЕРЕДАЧИ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ГОРНЫХ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

4.1 Назначение трансмиссии

Трансмиссия предназначена для преобразования крутящего момента двигателя и передачи его на ведущие колеса автомобиля (трактора). Трансмиссии разделяют по способу изменения крутящего момента на ступенчатые и бесступенчатые.

Ступенчатые трансмиссии — это механические передачи. Они состоят из набора шестерен с различным количеством зубьев. В этих передачах изменение крутящего момента, передаваемого ведущим колесам, осуществляется переключением сцепляющихся шестерен в коробке передач.

Бесступенчатые трансмиссии в зависимости от способа передачи крутящего момента подразделяются на гидравлические и электрические. В гидравлических трансмиссиях крутящий момент от двигателя к ведущим колесам передается с помощью потока жидкости, а в электрических — с помощью электрической энергии.

Бесступенчатые трансмиссии в отличие от ступенчатых позволяют плавно, автоматически изменять крутящий момент при колебании нагрузки автомобиля (трактора) без изменения степени загрузки двигателя. Но бесступенчатые передачи по сравнению со ступенчатыми имеют существенные недостатки: низкий КПД, узкий диапазон рабочих передаточных отношений, сложность конструкции и эксплуатации.

Механические трансмиссии получили наибольшее распространение в автомобилях и тракторах благодаря сравнительно простому устройству и надежной работе. Поэтому в дальнейшем будем рассматривать только механические трансмиссии.

Схемы трансмиссий тракторов. Схема трансмиссии колесного трактора определяется его типом и назначением. Схема трансмиссии колесного трактора с зад ними ведущими колесами состоит из сцепления, увеличителя крутящего момента, коробки передач, главной передачи с дифференциалом, конечных передач, полуосей и механизма отбора мощности. Крутящий момент от двигателя к ведущим колесам последовательно передается через сцепление, коробку передач, главную передачу с дифференциалом и конечные передачи.

Схема трансмиссии гусеничного трактора определяется типом механизма поворота. Она состоит из сцепления, карданной передачи, коробки передач, главной передачи, фрикционной муфты поворота, конечных передач, полуосей и механизма отбора мощности. Крутящий момент от двигателя к ведущим звездочкам последовательно передается через сцепление, коробку передач, главную передачу, бортовые фрикционные и конечные передачи.

4.2 Сцепление

Сцепление предназначено для передачи крутящего момента от двигателя коробке передач, кратковременного разобщения работающего двигателя с трансмиссией (при переключении шестерен в коробке передач) и плавного безударного соединения их при трогании автомобиля или трактора с места. Сцепление должно удовлетворять следующим требованиям: передавать без пробуксовки максимальный крутящий момент двигателя; обеспечивать плавное, без рывков, включение и полное отсоединение двигателя от трансмиссии; иметь минимальный момент инерции ведомых частей для безударного переключения шестерен в коробке передач; обеспечивать хороший отвод теплоты от трущихся поверхностей; быть удобным и легким в управлении, простым и доступным в обслуживании.

Сцепления в зависимости от способа передачи крутящего момента подразделяют на фрикционные (механические) и гидравлические.

В фрикционных сцеплениях крутящий момент передается за счет трения, возникающего между трущимися поверхностями дисков, а в гидравлических — за счет воздействия жидкости на ведомые части сцепления. Фрикционные сцепления получили наибольшее применение в грузовых автомобилях и тракторах благодаря сравнительно простому устройству.

На большинстве тракторах устанавливается сухое двухдисковое постоянно замкнутое сцепление, отличающееся конструкцией отдельных деталей и механизмов.

К ведущим частям относятся маховик, ведущие диски - промежуточный и нажимной, кожух. Кожух прикреплен к маховику болтами. К нему приклепаны кронштейны, на которых шарнирно установлены отжимные рычаги. Наружные концы отжимных рычагов упираются через сухарики в регулировочные гайки, накрученные на отжимные тяги. От поворота под действием центробежной силы рычаги удерживаются пружинами.

Ведущие диски соединяются с маховиком с помощью ведущих пальцев, запрессованных в его отверстия. Такое соединение обеспечивает вращение дисков вместе с маховиком и осевое их перемещение. С промежуточным диском связаны отжимные тяги с пружинами, которые отводят промежуточный диск от ведомого при выключении сцепления.

К ведомым частям сцепления относятся ведомые диски (передний и задний) и вал сцепления. Ведомые диски имеют приклепанные фрикционные накладки. Вместе с маслоотражательными дисками ведомые приклепаны к ступицам, свободно установленным на шлицах вала сцепления. Прижатие ведущих и ведомых дисков к поверхности трения маховика осуществляется нажимными пружинами, установленными между нажимным диском и кожухом.

Выключение сцепления производится перемещением по кронштейну муфты выключения с выжимным подшипником. Муфта выключения перемещаетсявилкой выключения, установленной на валике, который поворачивается через систему тяг и рычагов усилием тракториста. При перемещении муфты выключения отжимные рычаги через тяги отводят нажимной диск в сторону

кожуха. При этом промежуточный диск под действием усилия пружин отходит вместе с нажимным, освобождая передний ведомый диск, а задний ведомый в это время остается еще зажатым. Когда промежуточный диск дойдет до упорных винтов, сцепление выключится полностью. При включении сцепления сначала зажимается задний ведомый диск, а затем и передний, что обеспечивает плавное включение сцепления.

Тормозок служит для быстрой остановки ведомых частей сцепления после его выключения, чем достигается безударное переключение шестерен в коробке передач и уменьшение износа зубьев. Тормозок состоит из дисков и механизма управления. Управление вилкой тормозка заблокировано с механизмом управления сцепления. Когда сцепление включено, между дисками имеется зазор. При его выключении подвижный диск перемещается вправо и соприкасается с неподвижным диском. В результате трения между дисками вращающийся по инерции после выключения вал сцепления и связанные с ним ведущие валы коробки передач останавливаются. Введение в зацепление шестерен требуемой передачи происходит при их полной остановке.

Управление постоянно замкнутыми сцеплениями осуществляется педалью, к которой прикладывает усилие тракторист при выключении сцепления. Усилие от педали через систему тяг и рычагов передается на муфту выключения, воздействующую на отжимные рычаги. Включается сцепление усилием нажимных пружин после освобождения педали. У трактора ДТ-75 управление постоянно замкнутым сцеплением осуществляется рычагом.

Управление непостоянно замкнутыми сцеплениями производится рычагом, к которому прикладывает усилие тракторист при включении и выключении сцепления. Усилие через систему тяг и рычагов передается на муфту, она в свою очередь через сержики воздействует на нажимные рычаги. Для уменьшения усилия на педали или рычаге сцепления в приводе сцепления некоторых тракторов устанавливаются механические пружинные или пневматические сервомеханизмы (сервоусилители).

4.3 Коробка переменных передач

Коробка передач автомобиля и трактора предназначена для изменения крутящего момента по величине и направлению на ведущих колесах или ведущих звездочках и для длительного разъединения двигателя от трансмиссии во время остановки трактора или при его движении по инерции.

Коробки передач по принципу действия разделяют на ступенчатые и бесступенчатые. Ступенчатые коробки передач состоят из набора шестерен с различным количеством зубьев, расположенных на валах и установленных в картере коробки. В этих коробках изменение крутящего момента, передаваемого ведущим колесам, осуществляется переключением сцепляющихся шестерен. Бесступенчатые коробки передач, в отличие от ступенчатых, позволяют в определенном интервале непрерывно автоматически изменять крутящий момент в зависимости от сопротивления движению автомобиля или трактора.

Бесступенчатые коробки передач из-за сложности конструкции и низкого КПД не получили широкого применения на грузовых автомобилях и тракторах.

Большое количество агрегируемых с трактором машин и разнообразие выполняемых технологических процессов приводят к необходимости работы трактора в диапазоне скоростей от 0,05 до 9,7 м/с (0,2...35 км/ч). В соответствии с этим трактор должен иметь и большое число скоростей. Кроме того, у некоторых тракторов движение задним ходом используется не только для маневра, но и как рабочий режим (промышленные, крутосклонные и садово-огородные тракторы), в соответствии с чем требуется несколько передач заднего хода.

Разная скорость движения, а следовательно, и сила тяги на крюке трактора достигается изменением передаточного числа между коленчатым валом двигателя и ведущими колесами трактора. При увеличении передаточного числа скорость движения трактора уменьшается, а сила тяги на крюке соответственно возрастает.

Коробки передач классифицируют по следующим признакам:

1. По способу изменения передаточного числа — на бесступенчатые, ступенчатые и комбинированные. Бесступенчатые коробки передач обеспечивают в определенном интервале плавное (бесступенчатое) изменение передаточных чисел трансмиссии в зависимости от сопротивления агрегируемых машин. У ступенчатых коробок передач изменение передаточных чисел происходит ступенчато,

2. По способу преобразования крутящего момента — на механические, гидравлические, электрические и комбинированные.

3. По способу управления — с автоматическим, полуавтоматическим и ручным управлением.

На тракторах преимущество получили ступенчатые механические коробки передач, в которых преобразование крутящего момента осуществляется шестернями. Шестеренные коробки передач подразделяются на следующие типы:

1) по кинематической схеме — двухвальные, трехвальные, четырехвальные и составные;

2) по расположению валов — с продольным и поперечным расположением относительно оси трактора;

3) по способу зацепления шестерен — с непостоянным (с передвижными шестернями-каретками) и с постоянным зацеплением шестерен;

4) по числу передвижных кареток — двух-, трех- и четырехходовые;

5) по числу передач — от 5 до 18 передач переднего хода. Число передач заднего хода меньше, чем переднего, но у реверсивных коробок передач оно может быть равно числу передач переднего хода;

6) по способу получения заднего хода — с промежуточной шестерней или с реверсередуктором;

7) по способу переключения передач — с переключением при остановленном тракторе (с разрывом потока мощности) передвижными шестернями-каретками или зубчатыми муфтами и с переключением на ходу трактора (без разрыва потока мощности) с помощью фрикционных муфт.

Для выравнивания частоты вращения зубчатой муфты и ведущей шестерни, благодаря чему достигается безударное переключение передач, в коробках передач с постоянным зацеплением шестерен могут устанавливаться синхронизаторы.

Переключение передач у коробок передач и раздаточных коробок с передвижными шестернями-каретками и зубчатыми муфтами осуществляется рычагом переключения с механическим приводом. Рычаг переключения шаровой опорой установлен в сферическом гнезде колонки и может перемещаться в продольной и поперечной плоскостях. При воздействии водителя на рычаг нижний конец его входит в паз одного из ползунов и перемещает его в осевом направлении. На ползунах закреплены вилки, которые входят в кольцевые канавки каретки.

В двух- и трехвальных коробках передач переключение передач осуществляется одним рычагом, в коробках передач с редуктором и составных — одним или двумя. Количество ползунов равно числу подвижных кареток.

Для предохранения от самопроизвольного включения или выключения передачи в механизмах управления применяются стержневые или шариковые фиксаторы.

Коробки передач монтируются в отдельном корпусе или в общем корпусе заднего моста.

4.4 Ведущий мост

Совокупность механизмов и узлов, передающих крутящий момент от коробки передач на ведущие колеса, составляет ведущий мост. Ведущие мосты колесных тракторов включают в себя главную или центральную передачу, дифференциал и конечные передачи. В специальных рукавах или прикрепляемых к картеру моста корпусах у универсально-пропашных тракторов размещены тормоза.

В зависимости от колесной формулы трактор может иметь один или два ведущих моста. Ведущий мост гусеничного трактора в отличие от колесных включает главную передачу, механизм поворота, тормоза и конечные передачи.

4.4.1 Главная передача служит для передачи крутящего момента раздаточному механизму (дифференциалу у колесных и механизму поворота у гусеничных тракторов) и увеличения общего передаточного числа трансмиссии. Главные передачи бывают одинарные и двойные.

4.4.2 Дифференциал — это специальный механизм, служащий для распределения крутящего момента между полуосями ведущих колес и обеспечивающий вращение колес с различной угловой скоростью на поворотах и при движении на неровностях.

Простой конический дифференциал состоит из корпуса, сателлитов, крестовины, полуосевых шестерен. Ведущим звеном является корпус, ведомыми — полуосевые шестерни. У простого конического симметричного дифференциала полуосевые шестерни имеют одинаковое число зубьев, а сателлит фактически является равноплечим рычагом. При движении трактора по

прямой полуосевые шестерни вращаются вместе с корпусом, сателлиты при этом неподвижны относительно крестовины.

Дифференциал с автоматическим управлением принудительной блокировкой тракторов работает следующим образом. Крестовина дифференциала блокировочным валом соединена через многодисковую фрикционную муфту с левой ведущей шестерней конечной передачи и через нее с левой полуосевой шестерней дифференциала. Блокирование его происходит при замыкании муфты под действием давления масла в полости. Масло в нее подается от сливной магистрали - гидроусилителя руля, в которой редукционный клапан поддерживает давление в пределах 0,8 МПа (8 кгс/см²). Управление подачей масла в полость муфты производится датчиком автоматической системы блокировки, расположенным в корпусе гидроусилителя руля. При повороте направляющих колес на угол более 8° датчик отключает полость муфты от сливной магистрали гидроусилителя руля и муфта под действием пружин размыкается. Дифференциал разблокируется.

4.5 Механизмы поворота

Поворот гусеничного трактора происходит за счет придания левой и правой гусеницам различных скоростей движения. Механизм, предназначенный для регулирования скоростей движения гусениц и позволяющий трактору осуществлять повороты, называется механизмом поворота.

Механизмы поворота делятся на два класса. К первому классу относятся механизмы, у которых мощность к ведущим колесам подводится одинарным потоком. Ко второму классу — комбинированные механизмы с подводом мощности двумя параллельными потоками.

В зависимости от конструктивного оформления механизмы поворота делятся на фрикционные, планетарно-фрикционные и электромагнитные. Фрикционные механизмы поворота представляют собой многодисковые фрикционные муфты поворота. Планетарно-фрикционные механизмы подразделяют на простые и двойные дифференциальные, одно- и двухступенчатые планетарные и комбинированные.

4.5.1 Муфты поворота — это сухие постоянно замкнутые многодисковые сцепления. Рассмотрим их устройство на примере трактора Т-130. В картере заднего моста трактора Т-130 имеются три отсека. В центральном отсеке с масляной ванной расположена главная передача, состоящая из пары конических со спиральным зубом шестерен. Муфты поворота размещены в боковых сухих отсеках корпуса заднего моста. Левая и правая муфты поворота устроены одинаково. Фланец ведущего вала муфты соединен болтами с фланцем вала главной передачи. На эвольвентных шлицах ведущего вала закреплен внутренний ведущий барабан, наружная поверхность которого имеет зубья. На эти зубья надеты десять стальных ведущих дисков с внутренними зубьями.

Между ведущими установлены ведомые стальные с фрикционными накладками диски, имеющие наружные зубья. Они своими зубьями входят во впадины наружного ведомого барабана, который крепится болтами к ведущему

фланцу конечной передачи. Сжатие пакета дисков производится нажимным диском 6 под действием восьми пар цилиндрических витых пружин.

Для выключения муфты поворота на ступицу нажимного диска внутренней обоймой посажен подшипник, наружная обойма которого запрессована в корпус отводки, соединенной двумя пальцами с рычагом выключения. Нижний конец рычага выключения выполнен в виде сферы и входит в отверстие специального кронштейна на дне корпуса. При передвижении верхнего конца рычага в сторону от муфты в этом же направлении перемещается отводка. Она через подшипник отодвигает нажимной диск. При этом происходит сжатие пружин, выключение муфты поворота и плавный поворот трактора в ее сторону.

Наружную тщательно обработанную цилиндрическую поверхность ведомых барабанов охватывают ленточные тормоза плавающего типа. Для более крутого поворота затягивают тормоз, воздействующий на барабан выключенной муфты.

4.5.2 Планетарные механизмы поворота. Планетарные механизмы поворота по сравнению с фрикционными муфтами поворота имеют меньшие габариты и большую износостойкость.

Планетарный механизм поворота находится в картере заднего моста с четырьмя отсеками. В переднем отсеке размещена коробка передач, в среднем — главная передача и планетарный механизм поворота, в крайних сухих — тормоза. Конечные передачи расположены в отдельных корпусах, прикрепленных к картеру заднего моста.

Сдвоенный планетарный механизм тракторов ДТ-75, ДТ-75М, состоящий из двух самостоятельных механизмов для управления каждой гусеницей в отдельности, выполняет, кроме того, функцию понижающего редуктора. Общей деталью механизмов поворота является коронная шестерня, вращающаяся в двух шариковых подшипниках. Она имеет два внутренних зубчатых венца и наружный фланец для крепления ведомой шестерни главной передачи. Каждый из венцов находится в зацеплении с тремя сателлитами. Сателлиты вращаются на игольчатых подшипниках вокруг осей водил и находятся в зацеплении с солнечными шестернями, к фланцам которых прикреплены шкивы тормозов. Шкив остановочного тормоза посажен на ступице ведущей шестерни конечной передачи, соединенной с водилом полуосью.

Тормоза солнечной шестерни и остановочные — ленточные, самозатягивающиеся, плавающего типа. Тормоза солнечных шестерен затянуты пружинами и имеют рычажное управление. Остановочные тормоза с педальным управлением отпущены. При прямолинейном движении оба тормоза солнечных шестерен затянуты (рычаги управления отпущены), а остановочные тормоза отпущены и крутящий момент от коронной шестерни через сателлиты и водило передается на конечные передачи. Сателлиты обкатываются по неподвижным солнечным шестерням, и планетарный механизм работает как понижающий редуктор.

Для поворота трактора необходимо в зависимости от направления движения растормозить один из тормозов солнечных шестерен и затормозить остановочный тормоз того же борта. В этом случае сателлиты вращают расторможенную солнечную шестерню. Крутящий момент от коронной

шестерни полностью передается на забегающую (неотключенную) гусеницу. Радиус поворота зависит от степени затяжки остановочного тормоза и условий движения.

Управление механизмами поворота гусеничных тракторов

Управление муфтами поворота и тормозами осуществляется системой тяг, рычагов и педалей, приводимой в действие водителем из кабины. Управление муфтами поворота и тормозами солнечных шестерен планетарных механизмов производится рычагами. Остановочные тормоза управляются чаще всего ножными педалями с защелками для фиксации их в затянутом положении. Каждый борт трактора имеет раздельное управление. Чтобы сократить число органов управления, в некоторых тракторах управление обеими муфтами поворота и остановочными тормозами осуществляют одним рычагом.

Особенности конструкций передних ведущих мостов тракторов 4х4

Конструкция переднего ведущего моста трактора 4Х4 во многом зависит от назначения и способа поворота. У тракторов общего назначения, имеющих колеса одинакового размера и шарнирную раму, передний и задний ведущие мосты — одинаковой конструкции («Кировец», Т-150К).

Универсально-пропашные тракторы 4Х4 изготавливают на базе тракторов 4Х2, и передние ведущие мосты их имеют ряд особенностей. Так, для обеспечения необходимого дорожного и агротехнического просветов при малых размерах колес мосты выполняются порталной конструкции. Для привода передних ведущих и управляемых колес применяют двойной карданный шарнир или конические конечные передачи.

Картер переднего ведущего моста трактора образован корпусом главной передачи и дифференциала, двумя корпусами верхних конических пар и двумя корпусами редукторов с их крышками. Передний мост включает главную передачу, представляющую пару конических шестерен со спиральным зубом, самоблокирующийся дифференциал и два колесных редуктора.

4.6 Ходовая часть колесных тракторов

Ходовая часть колесного трактора состоит из остова, передней оси, колес и подвески. Эти устройства образуют тележку, с помощью которой движется трактор. На остова устанавливаются и крепятся все узлы и механизмы. Его конструкция может быть рамной, полурамной и безрамной.

На передней оси устанавливаются колеса и через нее осуществляется связь передней части остова с передними колесами. Колеса воспринимают вес трактора и передают его на грунт. Различают колеса ведущие и управляемые. К ведущим колесам через трансмиссию подводится крутящий момент двигателя. В результате сцепления с почвой они преобразовывают крутящий момент в касательную силу тяги, которая вызывает движение трактора. Управляемые (ведомые) колеса служат для изменения направления движения трактора. Подвеску образуют устройства, соединяющие колеса с остовом.

С этой целью в конструкциях универсальных и специальных тракторов предусмотрена возможность изменения ширины колеи, а у некоторых величины дорожного просвета и высоты трактора.

Изменение ширины колеи задних колес осуществляется следующим образом: перемещением ступиц ведущих колес по полуосям, перестановкой обода колеса относительно диска, перестановкой выпуклого диска относительно ступицы. В первом случае колесо перемещают на ведущей полуоси и крепят его ступицу в требуемом положении. Изменение ширины колеи в данном случае бесступенчатое. При втором способе обод и диск колеса изготавливаются раздельно и обод к диску крепится в требуемом положении. Если обод имеет фиксированные места крепления к диску, изменение ширины колеи ступенчатое. Если же диск или обод колеса с винтовыми планками, которые входят в прорези стоек обода или направляющие диска, такое соединение позволяет изменять ширину колеи бесступенчато поворотом диска относительно обода. При третьем способе диски колес делают выпуклыми и отъемными от ступиц. Ступенчатое изменение ширины колеи достигается креплением диска на фланце ступицы выпуклостью наружу или внутрь, т. е. перестановкой колес с одного борта на другой.

Ширина колеи передних колес изменяется их расстановкой с помощью выдвижных труб (кулаков) телескопической оси (регулировка может быть как ступенчатой, так и бесступенчатой), перестановкой обода колеса относительно диска и диска относительно ступицы.

Регулировка величины дорожного просвета под передней осью осуществляется перестановкой фланца оси колеса относительно оси переднего моста. Величина дорожного просвета под задним мостом и общая высота трактора изменяются установкой картера конечных передач относительно корпуса заднего моста в различных положениях или применением ведущих колес большого диаметра.

Для смягчения ударов и обеспечения плавности хода на некоторых тракторах в подвеске передних колес применяют упругие элементы (пружины или пластинчатые рессоры).

4.7 Ходовая часть гусеничных тракторов.

Ходовая часть гусеничного трактора состоит из остова, гусеничных движителей и подвески. По типу остова гусеничные тракторы подразделяются на тракторы с рамной и полурамной конструкцией остова. Гусеничные движители обеспечивают преобразование крутящего момента двигателя в тяговое усилие и передвижение трактора. Расположены они по бокам остова трактора и состоят из ведущего (звездочки) и направляющего колес, опорных катков, поддерживающих роликов и гусеничной цепи (гусеницы).

Гусеница представляет собой замкнутую шарнирную цепь, которая охватывает ведущее и направляющее колеса, опорные катки и поддерживающие ролики. Наружная поверхность гусеницы благодаря грунтозацепам и трению о грунт сцепляется с ним, а по внутренней на опорных катках перемещается остов

трактора. С шарнирами гусеницы зацепляются зубья ведущего колеса, при вращении которого подведенный от двигателя крутящий момент преобразуется в толкающую силу.

Направляющее колесо направляет движение гусеничной цепи и вместе с натяжным устройством осуществляет ее натяжение. Направляющее колесо имеет, как правило, амортизирующее устройство, смягчающее удары при наезде трактора на препятствие. Опорные катки передают вес трактора на гусеничную цепь, на них перекачивается остов трактора. Поддерживающие ролики поддерживают верхнюю ветвь гусеничной цепи от провисания.

Гусеничный движитель по сравнению с колесами имеет большую опорную и развитую упорную поверхность грунтозацепов. Поэтому гусеничные тракторы создают малое удельное давление на грунт, менее склонны к буксованию, обладают большой проходимостью по слабонесущим, влажным и заснеженным грунтам, незначительно разрушают их структуру и способны реализовать большую тягу на крюке. При работе на мягких почвах благодаря малому удельному давлению потери мощности на передвижение гусеничного трактора значительно меньшие, чем колесного. В целом при работе в тяжелых почвенных условиях гусеничные тракторы имеют больший коэффициент полезного действия, т. е. работают более экономично и производительнее, чем колесные.

К основным недостаткам гусеничного движителя можно отнести большую металлоемкость и сложность конструкции, высокую стоимость и сравнительно малый срок службы. Кроме того, гусеничный трактор нельзя использовать на транспортных работах по дорогам с усовершенствованным покрытием.

Подвеска соединяет остов трактора с гусеничным движителем и обеспечивает плавность хода.

4.8 Повышение тяговых качеств колесных тракторов

Максимальная величина силы тяги трактора ограничивается буксованием движителя. Пневматические шины на влажных, заснеженных и рыхлых грунтах не развивают достаточного сцепления (буксуют). В результате буксования ведущих колес уменьшаются величина силы тяги и скорость (ухудшается проходимость трактора), а также возрастают потери мощности на передвижение трактора и снижается экономичность. Повышение тягово-сцепных качеств колесных тракторов достигается следующими способами.

Увеличение сцепного веса. При увеличении веса на ведущие колеса возрастает заглубление грунтозацепов и прессование почвы, следовательно, улучшается сцепление колес с грунтом. Сцепной вес может быть увеличен установкой на диски колес дополнительных грузов или заполнением камеры шины водой на $1/2$.

На некоторых тракторах, работающих с навесными машинами и орудиями, применяются механические или гидравлические догрузатели сцепного веса. При догрузении ведущих колес следует учитывать, что пневматические шины имеют ограниченную грузоподъемность. Поэтому вес, приходящийся на колесо, не должен превосходить допустимую грузоподъемность шины.

Увеличение пятна контакта ведущих колес с грунтом. С увеличением контакта колеса с грунтом уменьшается удельное давление, что способствует сохранению структуры грунта и улучшению сцепления колес. Достигается это снижением внутреннего давления в шине. В этом случае шина больше деформируется и пятно контакта увеличивается. Такой способ наиболее эффективен при работе трактора на слабонесущих грунтах.

Эффективным приемом уменьшения удельного давления и повышения проходимости является переоборудование колесного трактора в полугусеничный. Полугусеничный ход изготавливается в виде съемного приспособления, состоящего из дополнительного колеса малого диаметра, устанавливаемого между передним и задним колесами трактора, и гибкой резинометаллической гусеницы. Увеличение контакта колеса с почвой может быть достигнуто применением сплошных или решетчатых дополнительных ободов, прикрепляемых к ступицам ведущих колес. В особо неблагоприятных условиях эксплуатации трактора увеличение проходимости может быть достигнуто использованием сдвоенных ведущих колес или же колес с арочными шинами, имеющими малое внутреннее давление и большую ширину.

Тракторы с четырьмя ведущими колесами. Наиболее эффективным способом повышения тяговых качеств колесного трактора является применение всех колес в качестве ведущих. У тракторов 4x4 полный его вес используется в качестве сцепного, в то время как у трактора 4X2 используется около $\frac{2}{3}$ веса.

Повышение тягово-сцепных качеств колесных тракторов может быть достигнуто также применением цепей противоскольжения или специальных откидных металлических грунтозацепов, шарнирно прикрепляемых к колесу. Одним из средств повышения тяговых качеств является блокировка дифференциала ведущего моста, исключая раздельное буксование ведущих колес.

4.9 Основные принципы агрегатирования тягачей и горных машин

Для разрушения и погрузки горных пород требуются дополнительные агрегаты, приводимые в действие от двигателя внутреннего сгорания. В зависимости от способа соединения и перемещения их в транспортном положении различают следующие виды тракторных агрегатов: прицепные, полунавесные, навесные и комбинированные. Наиболее распространены навесные агрегаты, обладающие по сравнению с остальными рядом преимуществ. Конструкции навесных машин проще прицепных и полунавесных (нет ходовой части, ряда механизмов управления т. д.); навесные агрегаты обладают повышенной маневренностью и высокими транспортными скоростями и, как следствие, большей производительностью и экономичностью. Различают следующие виды навески машин и орудий на трактор: заднюю, среднюю, фронтальную, эшелонированную и боковую.

Прицепное устройство служит для агрегатирования трактора с прицепными и полунавесными машинами, орудиями и прицепами. Точка соединения прицепного устройства трактора с прицепным устройством машины называется

точкой прицепа. Положение точки прицепа у современных тракторов можно регулировать в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Прицепные устройства подразделяют на прицепные скобы, транспортные крюки и гидрокрюки. Прицепные скобы бывают двух типов: простого и маятникового, у которых с целью уменьшения момента сопротивления повороту ось крепления вынесена вперед от оси ведущих колес.

Гидрокрюки позволяют соединять трактор с полуприцепом и приводятся в действие силовым цилиндром гидронавесной системы. Применение их обеспечивает безопасность и удобство сцепки.

Транспортные крюки служат для соединения с прицепами при проведении транспортных работ. Для смягчения возникающих при движении толчков и рывков они снабжаются упругим элементом.

Механизмы навески бывают универсальные, специальные и комбинированные. По способу присоединения тяг к трактору различают двух- и трехточечные навесные устройства.

Трехточечное навесное устройство состоит из поворотного вала, нижней оси, верхней центральной, регулируемой по длине тяги и продольных тяг. Поворотный вал и нижняя ось посредством кронштейнов закреплены на остова трактора. Поворотный вал имеет два подъемных рычага, соединенных с помощью регулируемых по длине раскосов с продольными тягами. На поворотный вал через рычаг действует шток основного цилиндра.

Рама и стойка навесного орудия крепятся к проушинам на концах тяг. Изменяя длину раскосов и центральной тяги, раме орудия придают необходимое положение относительно поверхности почвы.

У двухточечного механизма навески обе нижние тяги соединяются с трактором в одной точке. Такие схемы навесного устройства применяются на гусеничных тракторах для работы с агрегатами.

5 ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПО РАЗВИТИЮ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ГОРНЫХ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

В последнее время термин «инновации» стал популярным. Зачастую его употребляют в самой широкой трактовке, подразумевая под инновацией изменение продукта или технологии, до пугающей инвесторов аббревиатуры – НИОКР (Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы). Между тем, инновация вполне определенное понятие, под которым понимается преимущественно «новый» продукт, технология или решение, при этом успешно внедренное и обеспечивающее существенный рост эффективности процесса или производства.

Основные отличительные признаки инноваций, в т. ч. в горном деле, заключаются в следующем:

- принципиальная новизна техники, технологий и производственных решений;
- обеспечение существенного роста эффективности действующего производства или открытие новых направлений;
- успешное внедрение различных систем или механизмов в производство или бизнес-процессы.

В этом смысле важно отметить, что, по сути инновация – это не НИОКР и уж тем более – не венчурные технологии. Фактически инновации – техническое или технологическое новшество, коммерциализованное и доказавшее свою эффективность. Это немаловажно для понимания рисков и корректной оценки эффективности инвестиций, связанных с внедрением инновационного продукта. Основные инновационные риски сопряжены не с принципиальной работоспособностью инновационного продукта, а скорее с адаптацией «новых» решений к конкретным условиям.

В идеале, для сохранения конкурентоспособности, горное производство, нацеленное на долгосрочное существование, должно сопровождаться непрерывным поиском и внедрением инновационных решений. Хотя, зачастую инновации сталкиваются с определенными сложностями внедрения, они являются источником/резервом для существенного роста эффективности горных производств и отдельных процессов. Это особенно необходимо в периоды кризиса промышленности, когда важное направление развития принимает оптимизация производственных процессов, снижение себестоимости, повышение эффективности продаж за счёт создания новых продуктов и т.д. Неслучайно инновационный путь развития продекларирован в качестве элемента государственной стратегии России, направленной на развитие промышленности.

Для горной отрасли России значимость инновационного направления развития особенно очевидна, что обусловлено целым рядом факторов:

- истощение богатых месторождений с простыми горно-геологическими условиями в доступных социально-экономически освоенных регионах;
- достигнутый предел роста производительности при применяемых технологиях;

высокий износ основных фондов (при этом, речь идет не только о физическом износе, но и о моральном устаревании, в т. ч. горной техники и оборудования);

- низкая экологичность ряда объектов, в т. ч. по вышеуказанному фактору износа основных фондов;

- существенный кадровый дефицит, в условиях депопуляции населения в некоторых регионах и в результате проблем в горном образовании (уже сейчас отмечается острый дефицит высококвалифицированных специалистов и горнорабочих, особенно для развития новых проектов);

- интеграция отечественной горной отрасли в мировой рынок требует постоянной работы по минимизации производственных издержек и удержанию/расширению рынков сбыта в условиях жесткой конкуренции.

Все вышеуказанные факторы являются сильным стимулом внедрения новых решений, повышающих эффективность горных производств. Опыт работы ИЕЕС (группа IMC Montan) на территории СНГ показывает, что практически все горные производства имеют определенный резерв для повышения производительности за счет внедрения новых технологий и техники.

Внедрение инновационных решений, в ряде случаев, позволяет кардинальным образом пересмотреть экономическую эффективность объекта недропользования, а также расширить ресурсную базу за счет включения в добычу/переработку ранее «неэффективных» для отработки запасов. В этом смысле инновации не только повышают рентабельность производства, но и удовлетворяют требованию рациональности недропользования. Внедрение инновационных решений способно повысить уровень добычи, сократить операционные затраты, повысить производительность труда, что немаловажно в условиях дефицита трудовых ресурсов, а также, в некоторых случаях, расширить рынки сбыта и спектр реализуемой продукции. Например, имеются практические примеры, показывающие возможность за счет внедрения инновационных решений в области включения в переработку ранее нерентабельных по фактору низких содержаний руд или в силу сложностей обусловленных технологическими свойствами (окисленные железистые кварциты, руды редкоземельных металлов, отходы углеобогащения и т.д.) Очень часто под инновацией понимают только глобальную «новизну» продукта или технологии для всех участников горной отрасли. Между тем, это не совсем так. Как и везде, в области внедрения инноваций есть как свои лидеры, компании пионерного эшелона внедрения, так и последователи и аутсайдеры. Более того, инновация имеет источник происхождения (компания, отрасль, страна и т.д.), от которого она постепенно распространяется по отрасли, находя повсеместное внедрение и становясь нормой для всех.

Достаточно часто имеет место локализация инновационных технологий в отдельных направлениях горной отрасли или даже компаниях, при абсолютной неизвестности в других (рисунок 5.1).



Рисунок 5.1. – Мегаснегомет

Или, например, в свое время, продвижение в горной отрасли России продуктов компьютерного трехмерного моделирования ресурсов и оптимизации горных процессов, началось с рудной отрасли, лишь существенно позже, хотя и небезуспешно, распространившись в угледобывающих компаниях.

Не всегда крупная горнодобывающая компания выступает в роли лидера внедрения инноваций. Даже наоборот, в силу бюрократических процессов в холдингах, внедрение инноваций и инициатив со стороны предприятий становится весьма затруднительным и не всегда находит поддержку в управляющих структурах, в том числе и вследствие недостатка профессионалов в горном деле. Поэтому в горной отрасли еще имеется достаточно много компаний-аутсайдеров внедрения инновационных решений. Для российской горной отрасли, как ни странно, в этом есть свои плюсы, т.к. «отставание», по сути, создаёт резерв повышения эффективности при минимальных рисках. Например, технологии использования канатно-ленточных конвейеров, широко апробированные в мире, в т.ч. и в Беларуси, еще не имели примеров практического внедрения в горной отрасли России, тогда, как позволяют существенным образом сократить операционные затраты. Это же справедливо в отношении использования некоторых видов горного и обогащательного оборудования, которые внедряются в России с существенными задержками во времени по сравнению с мировым опытом.

Инновационные решения наилучшим образом отражаются на международных выставках. Так, например, выставка MineEXPO примечательна не только тем, что это самый крупный отраслевой форум горной спецтехники в мире, но и тем, что проходит она один раз в четыре года. Таким образом, производители машин имеют возможность представить здесь как абсолютные новинки, так и технику, уже успевшую заслужить признание специалистов. Производителей, желающих продемонстрировать свои достижения за несколько последних лет, в 2016 году оказалось немало — заявки на участие в MineEXPO подали более 1800 компаний. Компания Liebherr, выпускающая спецтехнику как для строительной, так и для горной отрасли, представила на выставке

семидесятитонный бульдозер-рекордсмен с гидростатическим приводом PR 776 Litronic, а также новый карьерный самосвал Т 236 грузоподъемностью 100 тонн.

Образец спецтехники от Liebherr — горный экскаватор R 9200 с электронной системой управления Litronic Plus. Экскаватор оснащен ковшом повышенной прочности, объем которого составляет 12,5 кубометра (рисунок 5.2).



Рисунок 5.2. – Экскаватор R 9200

В числе новинок — буровая установка для открытых горных работ Pantera DP1100i. Серия буровых Pantera DPi оснащена модернизированной системой управления с обновленным интерфейсом и сенсорным экраном; добавлена поддержка новых опций установки, кроме того, расширен функционал системы диагностики неисправностей. Серия буровых установок Pantera DPi представлена двумя моделями: Pantera DP1100i для бурения скважин диаметром 89 — 140 мм и Pantera DP1500i для бурения скважин диаметром 102 — 152 мм (рисунок 5.3).



Рисунок 5.3. - Буровая установка для открытых горных работ Pantera DP1100i

Еще один интересный образец — подземная буровая Sandvik DT912D — автономная дизель-гидравлическая установка для проходки тоннелей, оснащенная системой воздушной продувки. Эта 24-тонная буровая установка с одной стрелой предназначена для проходки горных выработок сечением от 12 до 125 м. Будучи полностью автономной, Sandvik DT912D является удобным средством для решения комплексных задач (рисунок 5.4).



Рисунок 5.4. - Подземная буровая Sandvik DT912D

Японский производитель горной и строительной техники Hitachi продемонстрировал посетителям выставки в Лас-Вегасе карьерный экскаватор

EX5600-6 весом 533—537 тонн, доступный с ковшами прямой или обратной лопаты. Мощность силового агрегата экскаватора 2×1500 л.с. при этом покупатель может выбрать как дизельный, так и электрический его вариант.

Был представлен и карьерный самосвал с электрическим приводом переменного тока Hitachi EH4000AC-3. Его грузоподъемность составляет 221 тонну, мощность двигателя (Cummins либо MTU, на выбор клиента) — 2500 л.с. У самосвала сварная коробчатая конструкция рамы. С прошлого года эта модель самосвала стала доступной и для российских покупателей.

Среди производителей, представивших свои разработки на выставке в США, были и отечественные самосвалы - это БЕЛАЗ. Два карьерных самосвала БелАЗ-75581 и 75310, грузоподъемностью 90 и 240 тонн соответственно – был доставлены в Лас-Вегас из Беларуси. БЕЛАЗ-75581 оснащен электромеханической трансмиссией и двигателем CumminsQST 30-С мощностью 1050 л.с. Другая модель — БЕЛАЗ-75310 оборудована силовым агрегатом Cummins QSK 60-С мощностью 2500 л.с. и электромеханической трансмиссией GE240AC (General Electric) (рисунок 5.5).



Рисунок 5.5. - Карьерный самосвал БЕЛАЗ-75581

Таким образом, инновационное развитие горных мобильных энергетических средств базируется на высокопроизводительных технологиях, экономических и экологических составляющих, основанных на мировых достижениях науки и техники в различных отраслях.

РАЗДЕЛ II ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Практическая работа 1 ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО ГОРНЫХ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Цель работы: изучение взаиморасположения основных узлов и агрегатов горных мобильных энергетических средств.

Общие положения

Горными мобильными энергетическими средствами называются, горные машины, снабжённые дизельными, пневматическими, электрическими и другими типами двигателей и способные самостоятельно передвигаться по подземным выработкам на пневмоколёсном или гусеничном ходу. Самоходное оборудование для комплексной механизации очистных и проходческих работ делится на основное технологическое и вспомогательное. По назначению основное технологическое самоходное оборудование подразделяется на буровые станки для бурения взрывных скважин диаметром 51-200 мм, бурильные установки для бурения шпуров диаметром 32-50 мм, погрузочные машины, экскаваторы, ковшовые погрузчики, погрузочно-транспортные машины, автосамосвалы, самоходные вагоны. К вспомогательному самоходному оборудованию относятся: установки для зарядки шпуров и скважин, крепления горных выработок, автотележки для доставки грузов, горюче-смазочных материалов и перевозки людей, автокраны, бульдозеры, грейдеры, поливомоечные машины и др.

Общая особенность современного самоходного оборудования — наличие самоходного пневмоколёсного шасси с сочленённой или (реже) жёсткой рамой, состоящего из тягача и полурамы для установки на ней навесного рабочего оборудования (бурильных стрел, ковша, кузова и т.д.). По размерам самоходное оборудование делится на малогабаритное (ширина и высота до 2 м) и крупногабаритное.

Высокая мощность и производительность, способность преодолевать значительные расстояния и подъёмы в горных выработках, универсальность и другие достоинства самоходного оборудования в наибольшей степени отвечают требованиям добычи различных полезных ископаемых подземным способом и проходки горных выработок и тоннелей. Комплекс самоходного оборудования — система увязанных по основным параметрам и производительности машин, обеспечивающая механизацию технологических процессов очистных или проходческих работ.

Самоходное оборудование выпускается в нормальном рудничном и взрывобезопасном исполнении. В последнем случае в конструкции машин с дизельным приводом предусматриваются дополнительно пластинчатая защита во всасывающем и выхлопном каналах, выхлопной коллектор с водяным охлаждением, тепловое реле для отключения подачи топлива, патрубки для

отбора проб отработанных газов, предохранительный водяной затвор, автоматическая порошковая пламегасительная установка. Пуск двигателя осуществляется пневмостартером; применяются ремни из антистатического негорючего материала, невоспламеняемые гидравлические жидкости.

Мобильные энергетические средства представляют собой сложный комплекс механизмов и систем, выполняющих определенные функции, которые принято подразделять на следующие основные группы: двигатель, трансмиссия, ходовая система, механизмы управления движением, система электрооборудования, рабочее и вспомогательное оборудование, навесное оборудование.

Двигатель является источником энергии для выполнения самоходным оборудованием функций мобильного энергетического средства. Двигатель вместе с обслуживающими его работу устройствами, образует силовую установку. Наиболее распространено в мировой практике самоходное оборудование с дизельным приводом (более 80%). Основные особенности самоходного оборудования с дизельным приводом: манёвренность, наличие системы очистки отработанных газов, состоящей из каталитического и жидкостного нейтрализаторов.

Трансмиссия служит для передачи крутящего момента двигателя на ведущие колеса и к зависимым валам отбора мощности (ВОМ), его изменения, изменения направления и частоты вращения ведущих колес, для плавного трогания с места и остановки. Она, в основном, объединяет последовательно располагаемые агрегаты – сцепление, коробку передач, центральную (главную) передачу, дифференциала или механизма поворота, у колесных или гусеничных мобильных средств соответственно, конечные передачи.

Ходовая система служит для преобразования вращательного движения ведущих колес в поступательное движение мобильного средства, для передачи веса мобильного средства на опорную поверхность. Она состоит из движителя (колесного или гусеничного) и подвески – устройства соединяющего движитель с рамой мобильного средства.

Механизмы управления движением, воздействуя на ходовую систему, поддерживают и удерживают его в неподвижном состоянии на склонах. У колесных мобильных средств к ним относятся рулевое управление, устанавливающее необходимое положение управляемых колес и тормоза. У гусеничных мобильных средств поворот осуществляется специальными механизмами поворота, изменяющими соотношение скоростей движения разнороторных гусениц. Тормоза являются их составной частью.

Система электрооборудования включает источники электроэнергии (электрогенераторы, аккумуляторы) и его потребители устройства для пуска двигателя, приборы внутреннего и внешнего освещения и т.п.

Типовые устройства ГМЭС возможно рассмотреть на примере отечественного автомобиле- и тракторостроения, применяемых в горной промышленности (рисунок 6.1 - 6.3).



Рисунок 6.1. – Самосвал МАЗ-5551



Рисунок 6.2. –Карьерный самосвал БелАЗ-75303

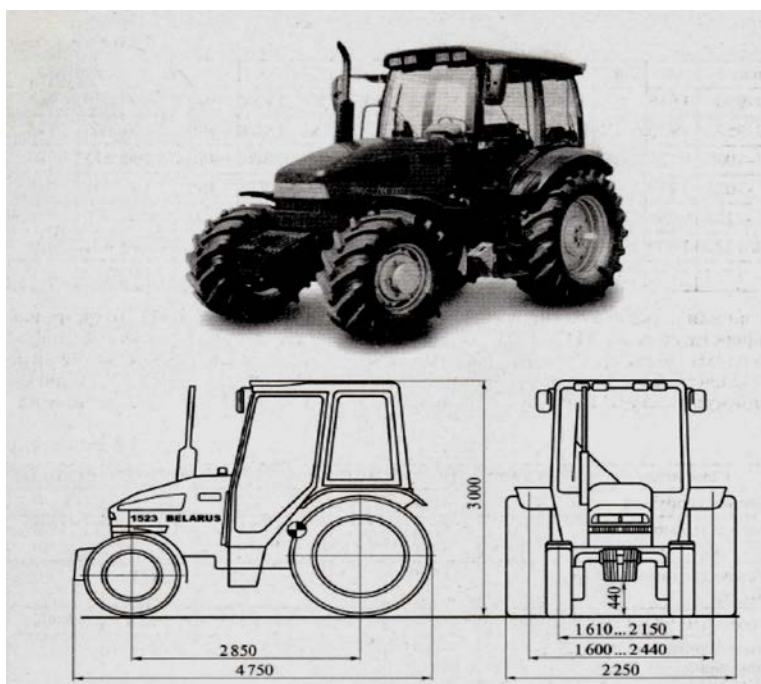
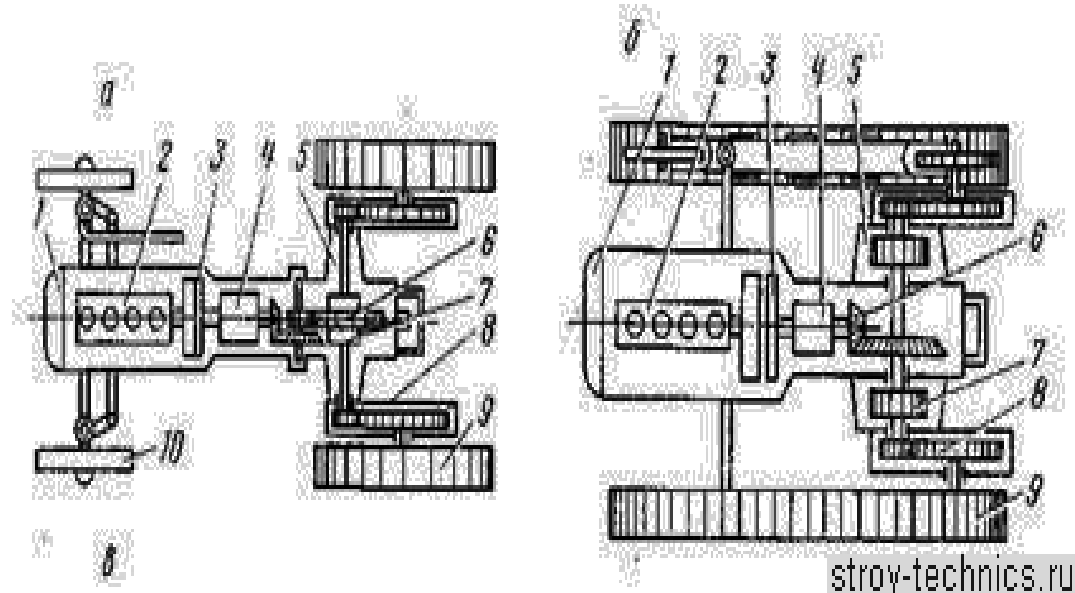


Рисунок 6.3. - Трактор МТЗ-1523 «Беларус»

Компоновка основных узлов и агрегатов может быть различной в зависимости от технологического назначения. Наряду с этим она включает типовые агрегаты и узлы, выполняющие одинаковую по назначению задачу (рисунок 6.4 - 6.7).

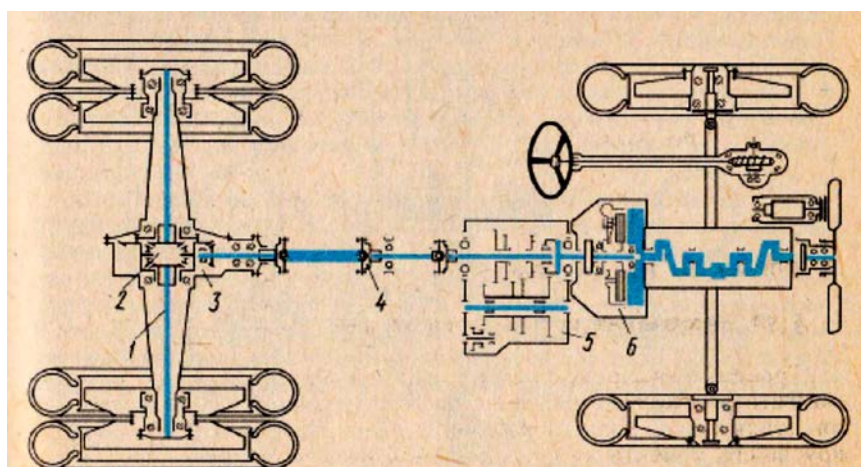


а — колесный трактор общего назначения;

б — гусеничный трактор;

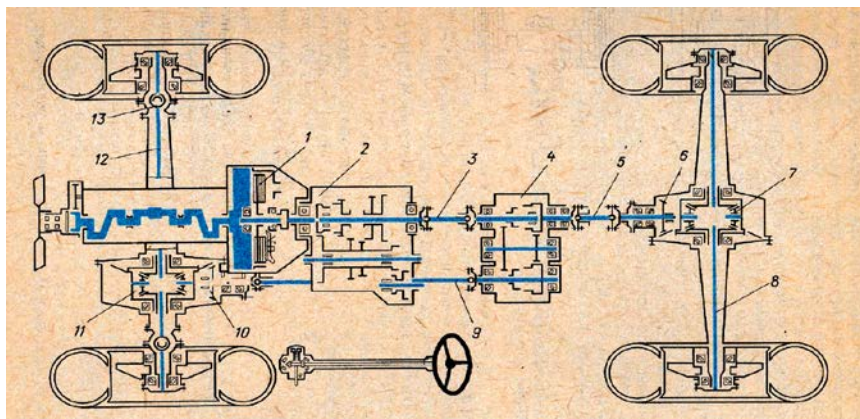
1 — радиатор; 2 — двигатель; 3 — муфта сцепления; 4 — коробка передач; 5 — задний мост; 6 — центральная передача; 7 — дифференциал (механизм поворота у гусеничных тракторов); 8 — конечная передача; 9 — ведущее колесо (гусеница); 10 — направляющее колесо.

Рисунок 6.4. - Компонировка механизмов на тракторе



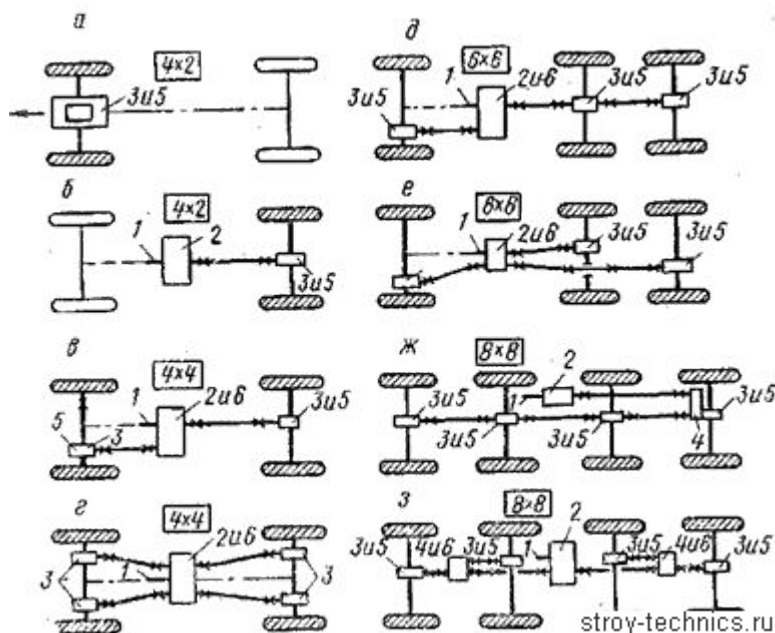
1 — полуось; 2 — дифференциал; 3 — главная передача; 4 — карданная передача; 5 — коробка передач; 6 — сцепление

Рисунок 6.5. — Схема трансмиссии двухосного автомобиля с задними ведущими колесами



1 – сцепление; 2 – КПП; 3, 5, 9 – карданные передачи; 4 – раздаточная коробка; 6 – главная передача; 7, 11 – дифференциалы заднего и переднего мостов; 8, 12 – полуоси заднего и переднего мостов; 13 – карданный шарнир.

Рисунок 6.6. – Схема трансмиссии с двумя ведущими мостами



1 — вал, передающий момент от двигателя; 2 — дополнительная и раздаточные коробки; 3 — главная передача; 4 — редуктор; 5 — межколесный дифференциал; 6 — межосевой и межбортовой дифференциал (ведущие колеса заштрихованы)

Рисунок 6.7. – Схемы механических трансмиссий ГМЭС

Контрольные вопросы и задания

1. Письменно дайте определения ГМЭС, трансмиссия.
2. Изобразите в рабочей тетради рис. 6.4 и присвойте названия узлам и агрегатам.
3. Изобразите в рабочей тетради рис. 6.7 и обозначьте формулы колесных приводов.

Практическая работа № 2

ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Цель работы: изучение общего устройства и назначения четырехтактных двигателей внутреннего сгорания.

Содержание работы. Изучение конструкции деталей кривошипно-шатунного механизма (далее - КШМ), газо-распределительного механизма (далее – ГРМ).

Последовательность выполнения работы. 1. Ознакомиться с общим устройством КШМ.

2. Рассмотреть конструкцию элементов поршня: днища, уплотняющей части и направляющей части (юбки). Выяснить назначение овализации юбки и наличие температурных прорезей.

3. Рассмотреть конструкцию поршневого пальца и установить тип сопряжения его с поршнем и шатуном.

4. Рассмотреть конструкцию компрессионных и маслосъемных колец. Выяснить необходимость покрытия пористым хромом рабочей поверхности верхнего компрессионного кольца и слоем олова поверхности других колец.

5. Рассмотреть конструкцию элементов шатуна: верхней головки, стержня, нижней головки, вкладышей, шатунных болтов. Выяснить способ установки шатуна на шатунную шейку коленчатого вала. Установить способ фиксации крышки нижней головки от смещения в поперечном направлении.

6. Рассмотреть конструкцию элементов коленчатого вала: носка (передний конец), коренных и шатунных шеек, щек с противовесами и хвостовика (задний конец). Установить угол расположения колен вала. Обратить внимание на смазку шатунных и коренных подшипников.

7. Рассмотреть конструкцию маховика. Установить способ его крепления к заднему концу коленчатого вала. Выяснить, как осуществляется крепление зубчатого венца к маховику.

8. Рассмотреть конструкцию гасителя крутильных колебаний.

9. Ознакомиться с общим устройством ГРМ с верхним расположением клапанов.

10. Рассмотреть конструкцию впускного и выпускного клапанов, направляющих втулок и клапанных гнезд.

11. Ознакомиться с конструкцией клапанных пружин и способов их крепления.

Составление отчета. Кратко опишите общее устройство ДВС, конструкцию изучаемых деталей КШМ, ГРМ.

Общие положения

Поршневым двигателем внутреннего сгорания (ДВС) называют такую тепловую машину, в которой превращение химической энергии топлива в тепловую, а затем в механическую энергию, происходит внутри рабочего цилиндра. Превращение теплоты в работу в таких двигателях связано с

реализацией целого комплекса сложных физико-химических, газодинамических и термодинамических процессов, которые определяют различие рабочих циклов и конструктивного исполнения (рисунок 6.8).

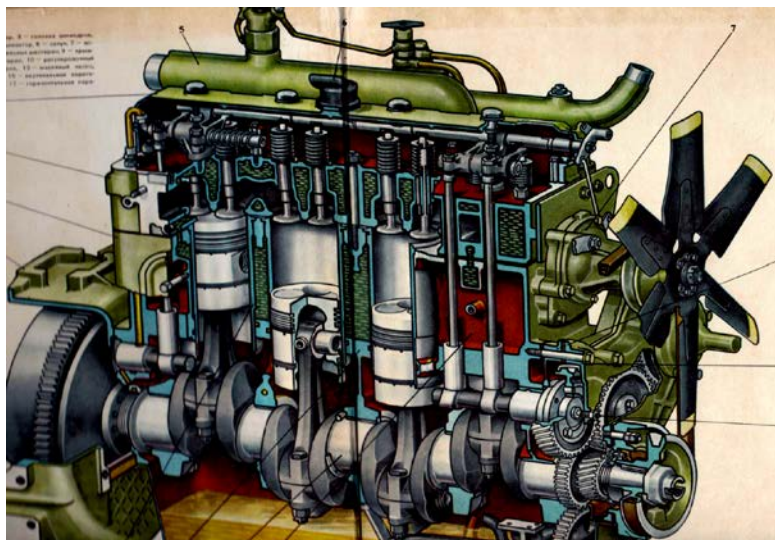


Рисунок 6.8. –Продольный разрез двигателя

Исходным признаком классификации принят род топлива, на котором работает двигатель. Газообразным топливом для ДВС служат природный, сжиженный и генераторный газы. Жидкое топливо представляет собой продукты переработки нефти: бензин, керосин, дизельное топливо и др. Газожидкостные двигатели работают на смеси газообразного и жидкого топлива, причем основным топливом является газообразное, а жидкое используется как запальное в небольшом количестве. Многотопливные двигатели способны длительно работать на разных топливах в диапазоне от сырой нефти до высокооктанового бензина.

Двигатели внутреннего сгорания классифицируют также по следующим признакам:

- по способу воспламенения рабочей смеси – с принудительным воспламенением и с воспламенением от сжатия;
- по способу осуществления рабочего цикла – двухтактные и четырехтактные, с наддувом и без наддува;
- по способу смесеобразования – с внешним смесеобразованием (карбюраторные и газовые) и с внутренним смесеобразованием (дизельные и бензиновые с впрыском топлива в цилиндр);
- по способу охлаждения – с жидкостным и воздушным охлаждением;
- по расположению цилиндров – однорядные с вертикальным, наклонным горизонтальным расположением; двухрядные с V-образным и оппозитным расположением.

Любой ДВС состоит из трех основных частей: блока цилиндров, головки блока цилиндров и картера (рисунок 6.9, 6.11). В верхней части блока цилиндров

предусмотрены вертикальные расточки цилиндров, в которые вставляются гильзы цилиндров (рисунок 2.3).

Гильзы представляют собой тонкостенные пустотелые цилиндры с тщательно отполированной рабочей поверхностью. Рабочую поверхность гильзы цилиндра, по которой перемещается поршень с кольцами, называют зеркалом цилиндра. В зависимости от способа установки в блок цилиндров гильзы делят на мокрые и сухие. Гильзы, непосредственно омываемые снаружи охлаждающей жидкостью, называют мокрыми (рисунок 6.10, а), а гильзы, не омываемые охлаждающей жидкостью и установленные в предварительно расточенные цилиндры блока – сухими (рисунок 6.10, б).

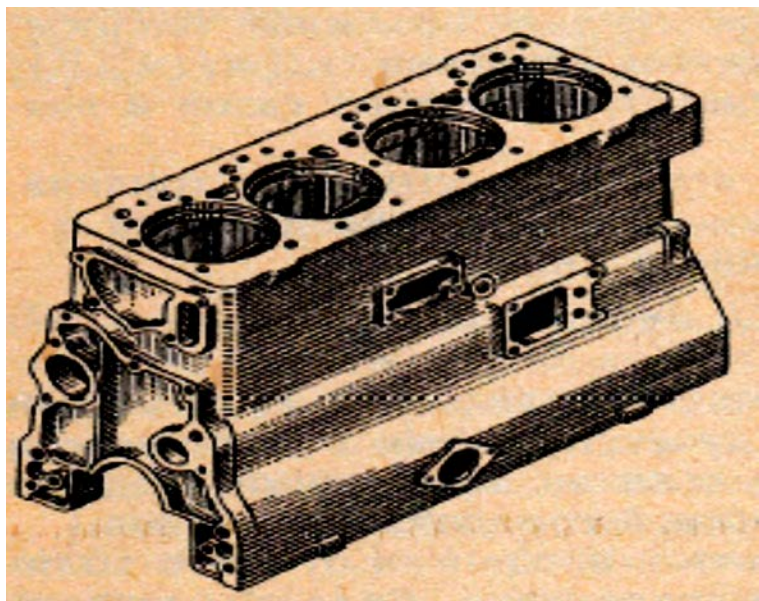


Рисунок 6.9. – Блок цилиндров

Наибольшее распространение имеют мокрые гильзы, т.к. они обеспечивают лучшую теплоотдачу охлаждающей жидкости. Мокрая гильза в верхней части имеет обработанный буртик 5, которым она входит в кольцевую выточку блока. На наружной цилиндрической поверхности гильзы расположены верхний 4 и нижний 2 посадочные пояса, которыми они плотно входят в центрирующие отверстия блок-картера. Между гильзой и стенками блок-картера образуется водяная рубашка 3, по которой циркулирует охлаждающая жидкость. Уплотнение нижней части гильзы от просачивания охлаждающей жидкости достигается резиновыми кольцами 1, верхней части – буртиком 5 и прокладкой. Для уменьшения износа гильзы в ее верхнюю часть запрессовывают короткую вставку 6 из специального антикоррозионного чугуна. Материалом для изготовления гильз служит кислотоупорный высоколегированный чугун.

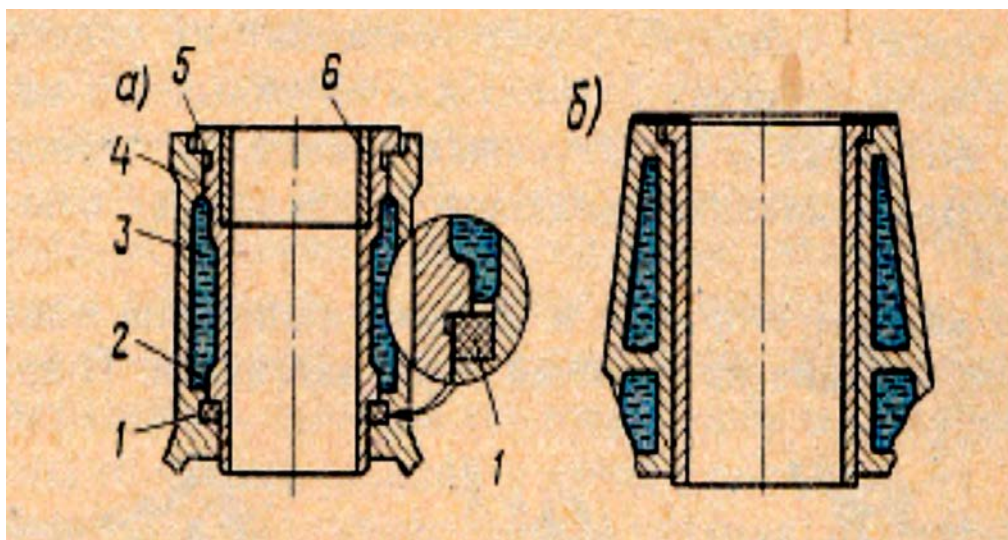


Рисунок 6.10. – Гильзы цилиндров

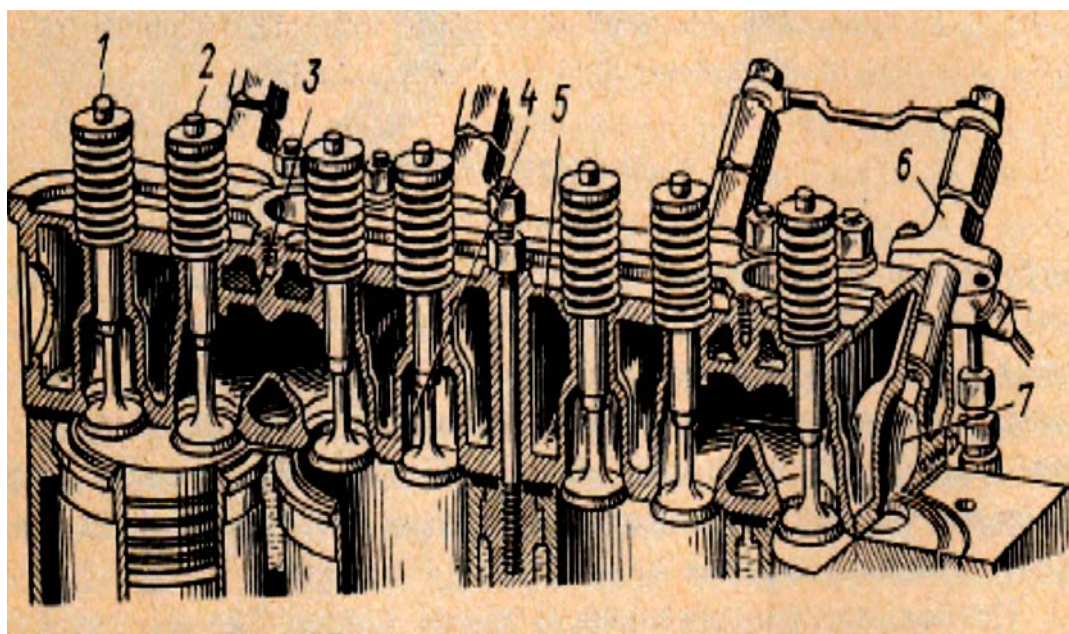


Рисунок 6.11. – Головка блока цилиндров в разрезе

Основными частями ДВС являются кривошипно-шатунный механизм и газораспределительный механизм, а также системы питания, охлаждения, зажигания и смазочная система. Кривошипно-шатунный механизм преобразует прямолинейное возвратно- поступательное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала. Механизм газораспределения обеспечивает своевременный впуск горючей смеси в цилиндр и удаление из него продуктов сгорания. Система питания предназначена для приготовления и подачи горючей смеси в цилиндр, а также для отвода продуктов сгорания.

Смазочная система служит для подачи масла к взаимодействующим деталям с целью уменьшения силы трения и частичного их охлаждения, наряду с этим циркуляция масла приводит к смыванию нагара и удалению продуктов

изнашивания. Система охлаждения поддерживает нормальный температурный режим работы двигателя, обеспечивая отвод теплоты от сильно нагревающихся при сгорании рабочей смеси деталей цилиндров поршневой группы и клапанного механизма. Система зажигания предназначена для воспламенения рабочей смеси в цилиндре двигателя.

Итак, четырехтактный поршневой двигатель состоит из цилиндра и картера, который снизу закрыт поддоном. Внутри цилиндра перемещается поршень с компрессионными (уплотнительными) кольцами, имеющий форму стакана с днищем в верхней части (рисунок 6.12). Поршень имеет форму стакана и состоит из днища 1, уплотняющей 2 и направляющей частей или юбки 3.

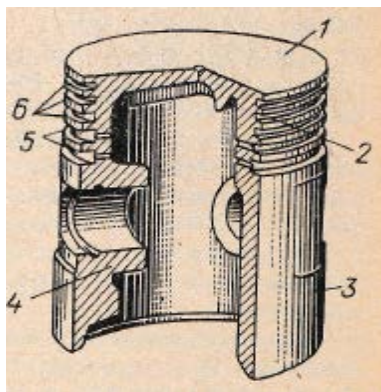


Рисунок 6.12. - Поршень

На уплотняющей части поршня расположены кольцевые канавки 5 и 6 для поршневых колец. В верхние канавки 6 устанавливаются компрессионные кольца (рисунок 6.13, а), а в нижние канавки 5 – маслосъемные (рисунок 6.13, б).

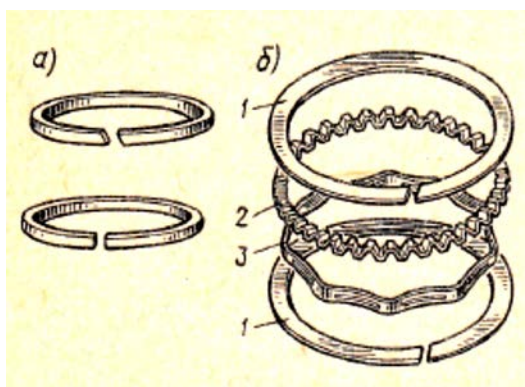


Рисунок 6.13. – Поршневые кольца

Конструкция компрессионных колец определяется формой поперечного сечения и формой их замка. Форма сечения колец может быть прямоугольной (рисунок 6.14, а) и трапецеидальной (рисунок 6.14, б).

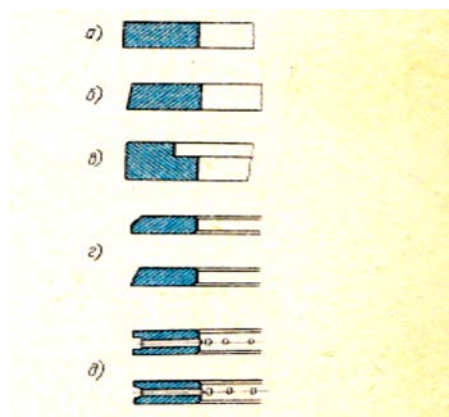


Рисунок 6.14. – Форма сечения компрессионных и маслосъемных колец

Маслосъемные кольца служат для удаления со стенок цилиндра излишков масла и направления их в картер (поддон двигателя) с целью предотвращения попадания в камеру сгорания. Маслосъемные кольца выполняют различной формы. Наиболее широко применяются конические (рисунок 6.14, г), скребковые (рисунок 6.14, д) и составные маслосъемные кольца. Составное кольцо (рисунок 6.14, б), имеет два кольцевых диска 1 и два расширителя – осевой 2 и радиальный 3. Поршни двигателей обычно имеют одно-два маслосъемных кольца, которые устанавливают или непосредственно под компрессионными кольцами, или одно кольцо помещают в нижней части юбки поршня.

Поршень через поршневой палец (рисунок 6.15), и шатун (рисунок 6.16), связан с коленчатым валом, который вращается в коренных подшипниках, расположенных в картере.

Шатун состоит из верхней головки 4, стержня 5 и нижней головки 6. Конструкция верхней (поршневой) головки зависит от способа крепления поршневого пальца и условий его смазки. При плавающем пальце (палец, свободно вращающийся в головке шатуна и в бобышках поршня - рисунок 6.15, б, в) верхнюю головку выполняют неразъемной и в нее запрессовывают бронзовую втулку 1, которая служит подшипником поршневого пальца.

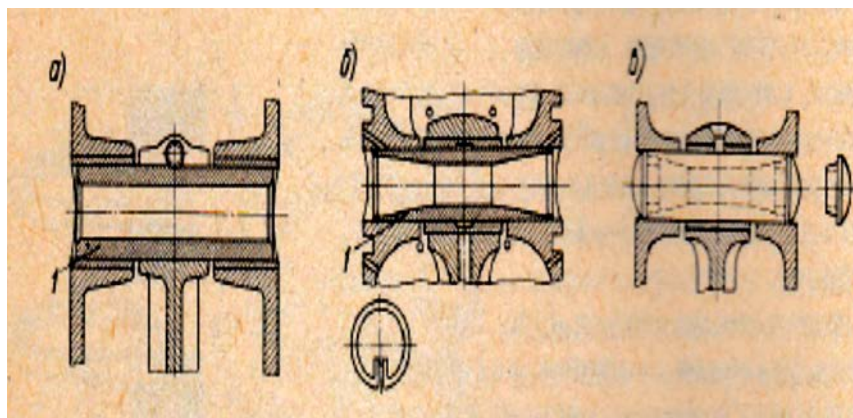


Рисунок 6.15. – Способы крепления поршневых пальцев

Коленчатый вал (рисунок 6.17) состоит из носка 1 (передний конец), коренных шеек 2, шатунных шеек 3, щек 7 с противовесами 8 и хвостовика 6 (задний конец).

На носке коленчатого вала устанавливают маслоотражательное устройство, шестерню газораспределения, шкив привода вентилятора, храповик для запуска двигателя с помощью рукоятки.

Цилиндр, поршень, шатун и коленчатый вал составляют так называемый кривошипно-шатунный механизм. Сверху цилиндр накрыт головкой с клапанами и, открытие и закрытие которых строго согласовано с вращением коленчатого вала, а следовательно, и с перемещением поршня. Перемещение поршня ограничивается двумя крайними положениями, при которых его скорость равна нулю.

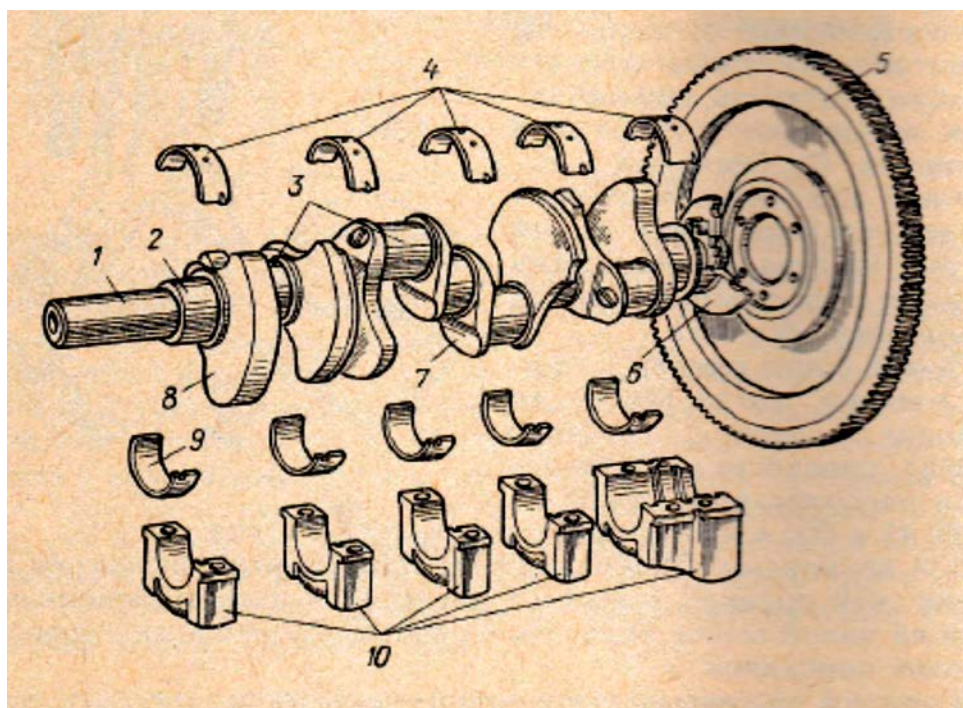


Рисунок 6.17. - Коленчатый вал

Крайнее верхнее положение поршня называется верхней мертвой точкой (ВМТ), крайнее нижнее его положение - нижней мертвой точкой (НМТ). Безостановочное движение поршня через мертвые точки обеспечивается маховиком, имеющим форму диска с массивным ободом. Расстояние, проходимое поршнем от ВМТ до НМТ, называется ходом поршня S , который равен удвоенному радиусу R кривошипа: $S=2R$.

Пространство над днищем поршня при нахождении его в ВМТ называется камерой сгорания; ее объем обозначается через V_c ; пространство цилиндра между двумя мертвыми точками (НМТ и ВМТ) называется его рабочим объемом и обозначается V_h . Сумма объема камеры сгорания V_c и рабочего объема V_h составляет полный объем цилиндра V_a : $V_a = V_c + V_h$ (рисунок 6.18).

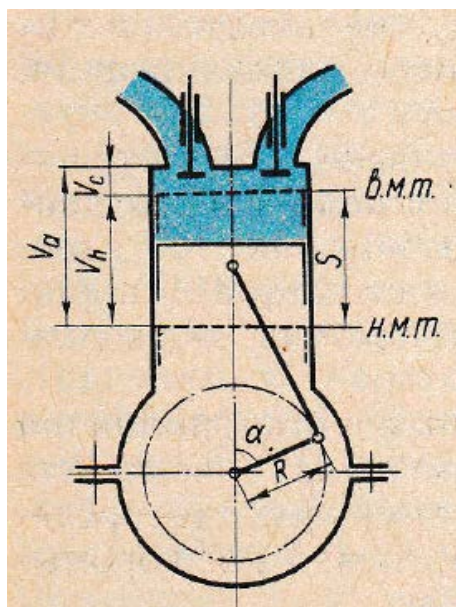


Рисунок 6.18. – Схема четырехтактного ДВС

Рабочий объем цилиндра (его измеряют в кубических сантиметрах или метрах):

$$V_h = \pi r^2 S,$$

где r - радиус цилиндра;
 S – ход поршня.

Сумму всех рабочих объемов цилиндров многоцилиндрового двигателя называют рабочим объемом двигателя, его определяют по формуле:

$$V_p = \pi D^2 S i / 4,$$

где i - число цилиндров;
 D - диаметр цилиндра.

Отношение полного объема цилиндра V_a к объему камеры сгорания V_c называется степенью сжатия:

$$\varepsilon = (V_c + V_h) / V_c = V_a / V_c = V_h / V_c + 1.$$

Степень сжатия является важным параметром двигателей внутреннего сгорания, т.к. сильно влияет на его экономичность и мощность. Степень сжатия показывает, во сколько раз уменьшается объем цилиндра над поршнем при перемещении поршня из НМТ в ВМТ. У современных двигателей степень сжатия может быть $\varepsilon = 6 \div 10$ (бензиновые ДВС), $\varepsilon = 16 \div 22$ (для дизельных ДВС).

Действие поршневого двигателя внутреннего сгорания основано на использовании работы теплового расширения нагретых газов во время движения поршня от ВМТ к НМТ. Нагревание газов в положении ВМТ достигается в результате сгорания в цилиндре топлива, перемешанного с воздухом. При этом повышается температура газов и давления. Т.к. давление под поршнем равно атмосферному, а в цилиндре оно намного больше, то под действием разницы давлений поршень будет перемещаться вниз, при этом газы - расширяться, совершая полезную работу. Чтобы двигатель постоянно вырабатывал механическую энергию, цилиндр необходимо периодически заполнять новыми порциями воздуха через впускной клапан и топливо через форсунку или подавать через впускной клапан смесь воздуха с топливом. Продукты сгорания топлива после их расширения удаляются из цилиндра через впускной клапан. Эти задачи выполняют механизм газораспределения, управляющий открытием и закрытием клапанов, и система подачи топлива. Рабочим циклом двигателя называется периодически повторяющийся ряд последовательных процессов, протекающих в каждом цилиндре двигателя и обуславливающих превращение тепловой энергии в механическую работу. Если рабочий цикл совершается за два хода поршня, т.е. за один оборот коленчатого вала, то такой двигатель называется двухтактным. Автомобильные двигатели работают, как правило, по четырехтактному циклу, который совершается за два оборота коленчатого вала или четыре хода поршня и состоит из тактов впуска, сжатия, расширения (рабочего хода) и выпуска.

Рабочий цикл четырехтактного карбюраторного двигателя:

Впуск. По мере того, как коленчатый вал двигателя делает первый полуоборот, поршень перемещается от ВМТ к НМТ, впускной клапан открыт, выпускной клапан закрыт. В цилиндре создается разрежение 0.07 - 0.095 МПа, вследствие чего свежий заряд горючей смеси, состоящий из паров бензина и воздуха, засасывается через впускной газопровод в цилиндр и, смешиваясь с остаточными отработавшими газами, образует рабочую смесь.

Сжатие. После заполнения цилиндра горючей смесью при дальнейшем вращении коленчатого вала (второй полуоборот) поршень перемещается от НМТ к ВМТ при закрытых клапанах. По мере уменьшения объема температура и давление рабочей смеси повышаются.

Расширение или рабочий ход. В конце такта сжатия рабочая смесь воспламеняется от электрической искры и быстро сгорает, вследствие чего температура и давление образующихся газов резко возрастает, поршень при этом перемещается от ВМТ к НМТ (рисунок 6.19).

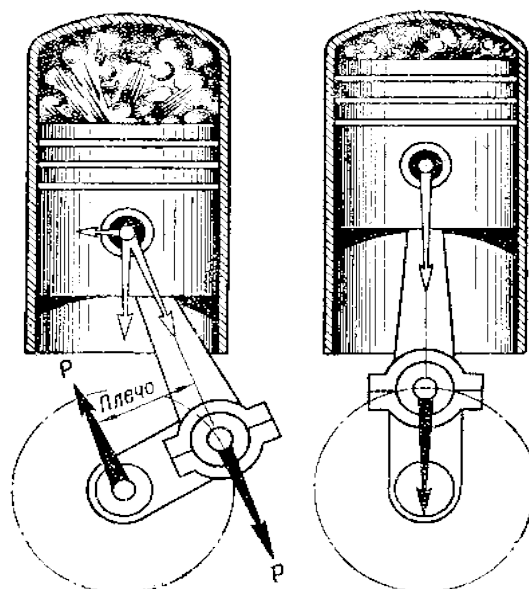


Рисунок 6.19. – Давление газов на поршень

В процессе такта расширения шарнирно связанный с поршнем шатун совершает сложное движение и через кривошип приводит во вращение коленчатый вал. При расширении газы совершают полезную работу, поэтому ход поршня при третьем полуобороте коленчатого вала называют рабочим ходом.

В конце рабочего хода поршня, при нахождении его около НМТ открывается выпускной клапан, давление в цилиндре снижается до 0.3 - 0.75 МПа, а температура до 950 - 1200 °С.

Выпуск. При четвертом полуобороте коленчатого вала поршень перемещается от НМТ к ВМТ. При этом выпускной клапан открыт, и продукты сгорания выталкиваются из цилиндра в атмосферу через выпускной газопровод (рисунок 6.18).

Рабочий цикл четырехтактного дизеля:

Впуск. При движении поршня от ВМТ к НМТ вследствие образующегося разрежения из воздухоочистителя в полость цилиндра через открытый впускной клапан поступает атмосферный воздух. Давление воздуха в цилиндре составляет 0.08 - 0.095 МПа, а температура 40 - 60 °С.

Сжатие. Поршень движется от НМТ к ВМТ; впускной и выпускной клапаны закрыты, вследствие этого перемещающийся вверх поршень сжимает поступивший воздух. Для воспламенения топлива необходимо, чтобы температура сжатого воздуха была выше температуры самовоспламенения топлива. При ходе поршня к ВМТ цилиндр через форсунку впрыскивается дизельное топливо, подаваемое топливным насосом.

Расширение или рабочий ход. Впрыснутое в конце такта сжатия топливо, перемешиваясь с нагретым воздухом, воспламеняется, и начинается процесс сгорания, характеризующийся быстрым повышением температуры и давления. При этом максимальное давление газов достигает 6 - 9 МПа, а температура 1800 - 2000 °С. Под действием давления газов поршень перемещается от ВМТ в НМТ -

происходит рабочий ход. Около НМТ давление снижается до 0.3 - 0.5 МПа, а температура до 700 - 900 °С.

Выпуск. Поршень перемещается от НМТ в ВМТ и через открытый выпускной клапан 6 отработавшие газы выталкиваются из цилиндра. Давление газов снижается до 0.11 - 0.12 МПа, а температура до 500-700 °С. После окончания такта выпуска при дальнейшем вращении коленчатого вала рабочий цикл повторяется в той же последовательности.

Контрольные вопросы и задания

1. Определить объем камеры сгорания двигателя при заданных параметрах (табл. 2.1).
2. Определить рабочий объем двигателя (см. варианты задания).

Таблица 2.1. – Параметры ДВС

Параметры	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Диаметр поршня, мм	92	92	100	100	85	100	110	110	130	120
Ход поршня, мм	92	86	92	92	94	95	125	125	140	130
Количество цилиндров, шт	4	4	4	4	4	8	4	6	5	8
Степень сжатия	8,2	8	7	8,2	20,5	7,1	17	17	16,5	16,5
Параметры	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Диаметр поршня, мм	120	130	100	92	110	85	110	108	100	130
Ход поршня, мм	130	140	92	80	125	94	125	100	100	140
Количество цилиндров, шт	8	8	4	8	4	6	4	8	8	6
Степень сжатия	16,8	16,5	8,2	7,6	17	19	17	18	17	18

Практическая работа № 3

ПРОВЕРКА И РЕГУЛИРОВКА ТЕПЛОВЫХ ЗАЗОРОВ В ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОМ МЕХАНИЗМЕ

Цель работы: Освоение практических приемов проверки и регулировки тепловых зазоров в газораспределительном механизме двигателей; построение диаграммы фаз газораспределения.

Общие положения

Газораспределительный механизм необходим для открывания впускных и выпускных клапанов и таким образом для подачи в цилиндры двигателя рабочей смеси, а также для очистки цилиндров от отработавших газов в соответствии с порядком работы двигателя.

Иными словами, как только поршень в цилиндре подходит к положению начала такта впуска, газораспределительный механизм открывает впускной клапан, и рабочая смесь поступает в цилиндр. И наоборот, перед началом такта впуска открывается выпускной клапан, и из цилиндра удаляются отработавшие газы. На рисунке 3.1 изображена принципиальная схема газораспределительного механизма.

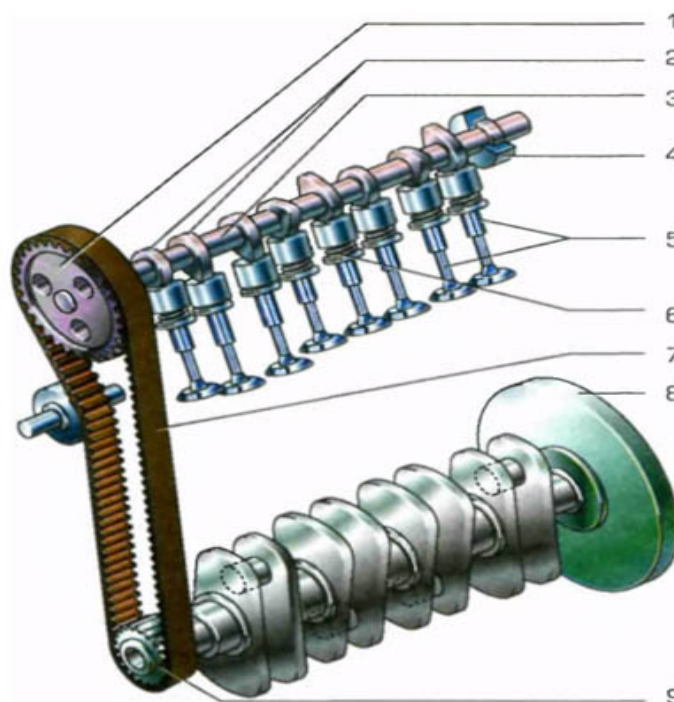
В передней части коленчатого вала жестко закреплена газораспределительная звездочка, которая вращается вместе с валом. Затем вращение через цепь и звездочку распределительного вала передается на распределительный вал. На нем имеются выступы особого профиля, или кулачки. За это его называют еще и «кулачковым валом».

При вращении вала кулачок, двигаясь по окружности, надавливает на верхнюю часть клапана и, преодолевая сопротивление пружины, открывает клапан. Затем, когда кулачок поворачивается дальше, перестает давить на клапан, и пружина, разжимаясь, закрывает клапан.

Такой механизм газораспределения называется верхнеклапанным, с цепным (ременным) приводом и верхним расположением распределительного вала. То есть газораспределительный вал приводится во вращение цепью (зубчатым ремнем) и находится в верхней части двигателя. Отсюда вытекает следующий термин в названии всего механизма - «с верхним расположением распределительного вала».

Качество работы двигателя — его КПД, мощность, крутящий момент и экономичность зависят от многих факторов, в том числе и от фаз газораспределения, то есть от своевременности открытия и закрытия впускных и выпускных клапанов.

В обычном четырёхтактном двигателе внутреннего сгорания клапаны приводятся в действие кулачками распределительного вала. Профиль этих кулачков определяет момент и продолжительность открытия (то есть ширину фаз), а также величину хода клапанов.



- 1 - шестерня распределительного вала;
- 2 - кулачки;
- 3 - распределительный вал;
- 4 - подшипник;
- 5 - клапаны;
- 6 - пружины;
- 7 - ремень;
- 8 - коленчатый вал с маховиком;
- 9 - газораспределительная шестерня

Рисунок 6.20 -.Схема газораспределительного механизма

В большинстве современных двигателей фазы меняться не могут. И работа таких двигателей не отличается высокой эффективностью. Дело в том, что характер поведения газов (горючей смеси и выхлопа) в цилиндре, а также во впускном и выпускном трактах меняется в зависимости от режимов работы двигателя. Постоянно изменяется скорость течения, возникают различного рода колебания упругой газовой среды, которые приводят к полезным резонансным или, наоборот, паразитным застойным явлениям. Из-за этого скорость и эффективность наполнения цилиндров при различных режимах работы двигателя неодинаковы.

Фазы газораспределения в поршневых двигателях внутреннего сгорания — это моменты открытия и закрытия впускных и выпускных клапанов (окон). Фазы газораспределения обычно выражаются в градусах поворота коленчатого вала и отмечаются по отношению к начальным или конечным моментам соответствующих тактов (рис. 6.21).

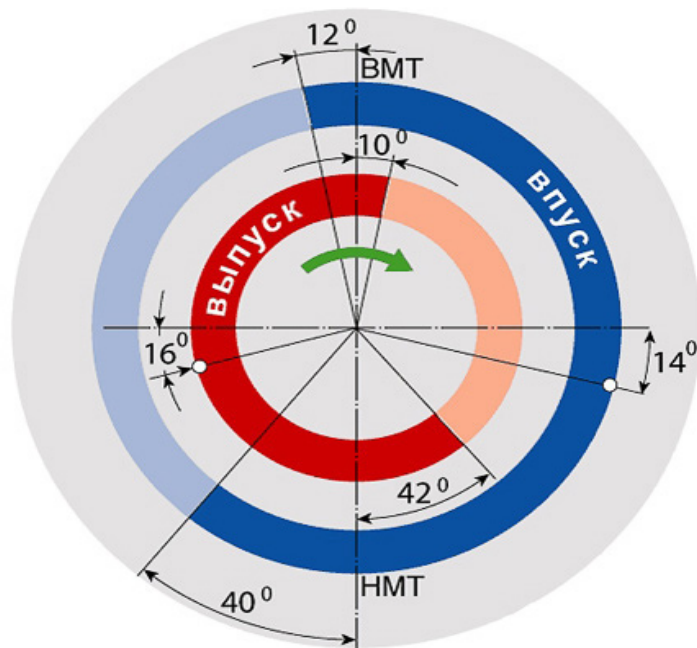
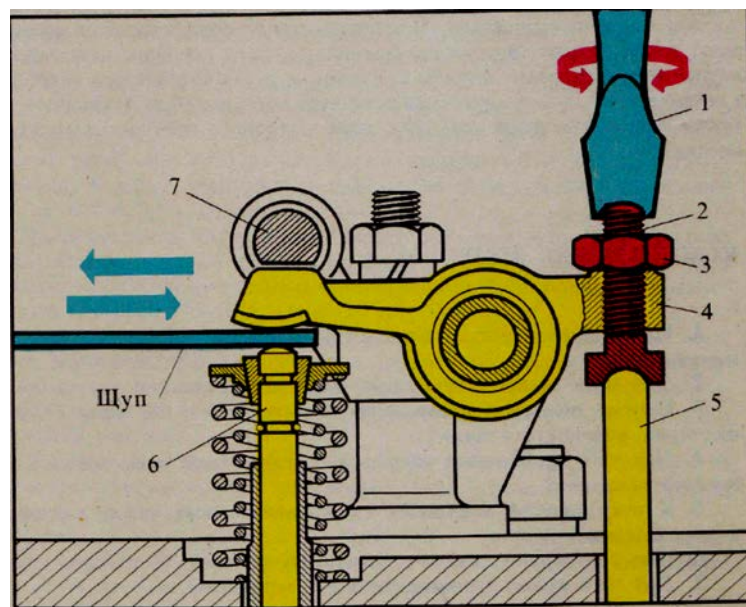


Рисунок 6.21 – Фазы газораспределения

При нагревании клапаны удлиняются, поэтому для плотной посадки клапанов и хорошей герметичности клапанного гнезда между стержнем клапана и бойком коромысла необходим определенный зазор. Нормальный зазор на холодном двигателе равен 0,4 мм для впускного клапана и 0,45 для выпускного клапана.



1-отвертка; 2-регулирующий винт; 3-контргайка; 4-коромысла; 5-штанга; 6-клапан; 7-валик декомпрессора.

Рисунок 6.22. - Регулировка зазоров клапанного механизма

Для проверки зазоров между клапанами и коромыслами необходимо:

- 1) снять клапанные крышки, для чего отвернуть гайки их крепления;
- 2) установить поршень первого цилиндра в ВМТ такта сжатия, для чего повернуть коленчатый вал до совмещения отверстия на шкиве коленчатого вала с меткой ВМТ на указателе установки момента зажигания, расположенном на датчике ограничителя максимальной частоты вращения (оба клапана закрыты и имеют максимальный зазор);
- 3) проверить щупом зазоры между клапаном и коромыслами первого цилиндра (если зазоры отличаются от нормальных значений, то их следует регулировать – таблица 3.1);
- 4) для регулировки зазоров остальных цилиндров следует поворачивать с помощью пусковой рукоятки коленчатый вал каждый раз на $\frac{1}{4}$ оборота и регулировать клапаны в последовательности, соответствующей порядку работы цилиндров.

Таблица 3.1. – Размеры тепловых зазоров у разных двигателей

Марка двигателя	Температурные зазоры в ГРМ, мм	
	впускной клапан	выпускной клапан
ГАЗ-53	0,25-0,3	0,25-0,3
ЗИЛ-130	0,25-0,3	0,25-0,3
СМД-14	0,4-0,45	0,4-0,45
Д-108	0,25-0,33	0,25-0,33
Д-240	0,25-0,3	0,25-0,3
ЯМЗ-236	0,25-0,3	0,25-0,3
ЯМЗ-238	0,25-0,3	0,25-0,3
КамАЗ-740	0,25-0,3	0,25-0,3

Таблица 3.2. - Фазы газораспределения ДВС

Марка двигателя	Фазы газораспределения, град					
	впускной клапан			выпускной клапан		
	начало открытия до ВМТ	конец закрытия после ВМТ	про-должи-тельность открытия	начало открытия до ВМТ	конец закрытия после ВМТ	продолжи-тельность открытия
ГАЗ-53	24	64	268	50	22	252
ЗИЛ-130	31	83	294	67	47	294
СМД-14	17	56	253	56	17	253
Д-108	8	37	225	47	10	237
Д-240	18	46	244	56	18	254
ЯМЗ-236	20	56	256	56	20	256
ЯМЗ-238	20	56	256	56	20	256
КамАЗ-740	10	46	236	66	10	256

Последовательность выполнения работы. 1. Ознакомиться с устройством ГРМ с верхним расположением клапанов, размещением его деталей в головке блока цилиндров и блоке цилиндров.

2. Рассмотреть конструкцию впускного и выпускного клапанов, определить углы фасок этих клапанов (рисунок 6.23).

3. Ознакомиться с конструкцией клапанных гнезд и направляющих втулок клапана.

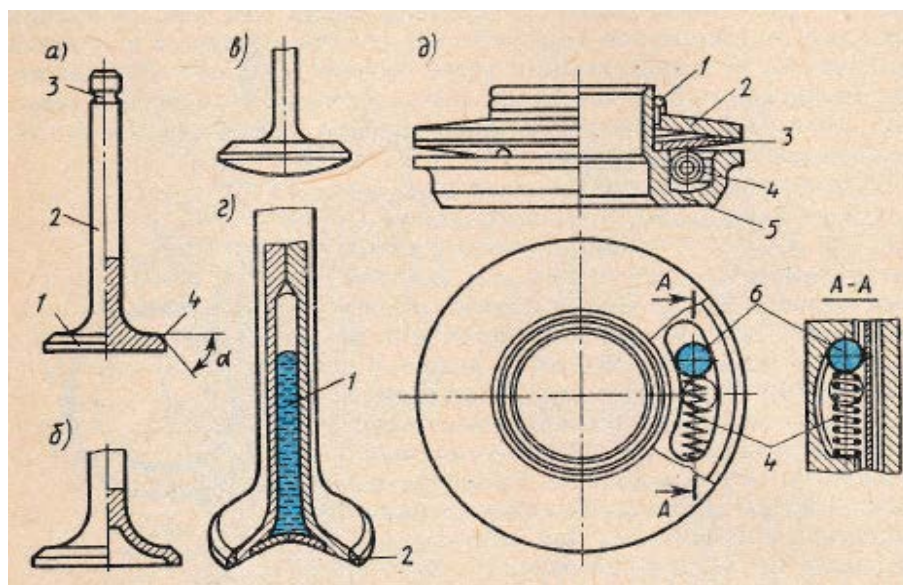
4. Ознакомиться с конструкцией клапанных пружин и способов их крепления.

5. Ознакомиться с конструкцией распределительного вала и определить угол расположения одноименных кулачков на распредвале. Установить профиль кулачка вала. Выяснить, как осуществляется фиксация распредвала в осевом направлении.

6. Ознакомиться с приводом распредвала и вычертить его схему. 7. Ознакомиться с конструкцией толкателей и способом установки их на кулачке распредвала.

8. Рассмотреть конструкцию штанги коромысла при верхнем расположении клапанов.

9. Построить диаграмму фаз газораспределения по данным таблицы 3.2.



а) клапан с плоской или тарельчатой головкой: 1-головка; 2-стержень; 3-выточка для крепления запорного устройства пружин; 4-конусная фаска;

б, в) тюльпанообразная и выпуклая головка;

г) выпускной клапан с полостью 1 для металлического натрия;

д) клапан с механизмом поворота: 1-замочное кольцо; 2-упорная шайба; 3-коническая дисковая пружина; 4-возвратная пружина; 5-корпус; 6-шарики.

Рисунок 6.23. – Устройство клапанов

Практическая работа № 4

СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ И СИСТЕМА СМАЗКИ ДВС

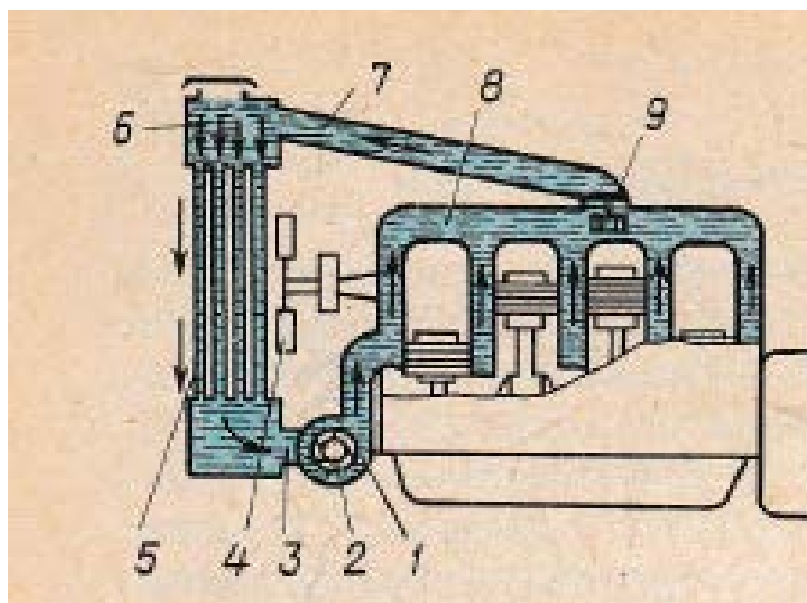
Цель работы. Ознакомление с устройством элементов принудительной системы охлаждения и смазки, а также расположением и креплением их на двигателе.

Общие положения

Система охлаждения двигателей внутреннего сгорания. При сгорании топлива внутри цилиндра температура газов поднимается до 2000°С. Тепло расходуется на механическую работу, частично уносится с выхлопными газами, тратится на лучеиспускание и нагрев деталей двигателя. Если его не охлаждать, то он теряет мощность (ухудшается наполнение цилиндров рабочей смесью, возникает преждевременное самовоспламенение смеси и т. д.), усиливается изнашивание деталей (выгорает масло в зазорах) и возрастает вероятность поломки их в результате снижения механических свойств материалов.

Если же двигатель переохлажден, уменьшается количество тепла, переходящего в работу, топливо конденсируется на холодных стенках цилиндров, стекает в картер (масляный резервуар) и разжижает смазку, что также приводит к увеличению износа трущихся деталей и снижению мощности двигателя. Таким образом, поддержание определенного теплового режима двигателя является важным и обязательным делом. Поэтому все автомобильные двигатели имеют систему охлаждения.

Существуют жидкостные и воздушные системы охлаждения. Жидкостные системы охлаждения получили большее распространение, так как с их помощью создается более благоприятный тепловой режим для деталей двигателя возможность изготовления деталей двигателя из сравнительно недорогих материалов. Такие двигатели при работе создают меньше шума за счет наличия двойных стенок (рубашки) и слоя охлаждающей жидкости (рисунок 6.24).



1, 3, 7-соединительные патрубки; 2-жидкостной насос; 4-вентилятор; 5-радиатор охлаждения; 6-верхний бак радиатора; 8-рубашка блока цилиндров; 9-термостат.

Рисунок 6.24. – Жидкостное охлаждение ДВС

Двигатели с воздушным охлаждением имеют меньшую массу, чем двигатели с жидкостным охлаждением, проще в эксплуатации, менее чувствительны к температуре воздуха окружающей среды.

Система жидкостного охлаждения включает следующие элементы:

- двойные стенки цилиндров и головок, пространство между которыми заполнено охлаждающей жидкостью (например, антифризом);
- теплообменник (радиатор) 5, состоящий из двух резервуаров, соединенных несколькими рядами трубок с надетыми на них тонкими пластинками для увеличения поверхности охлаждения;
- вентилятор 4, состоящий из ступицы и лопастей, при вращении которого обеспечивается прокачка воздуха между трубками радиатора;
- насос центробежного типа 2 для обеспечения циркуляции охлаждающей жидкости в системе;
- трубопроводы 1, 3, 7, связывающие двигатель с радиатором.

Емкость системы жидкостного охлаждения зависит от размеров и степени форсирования (например, степени сжатия) двигателя и в среднем составляет 0,2...0,3 л на лошадиную силу. Поэтому у легковых автомобилей она содержит до 8...12 л жидкости, у грузовых машин с бензиновым карбюраторным двигателем — до 30 л, а у грузовиков с дизельным двигателем — до 50 л. Антифриз, содержащий антикоррозийные и антивспенивающие добавки, а также добавки, исключающие образование накипи, марки тосол А-40 или А-65 имеет температуру загустения, соответственно 40 и 65°C. При работе двигателя жидкость, омывающая его цилиндры и головку, нагревается и открывает автоматический клапан (термостат) 9, расположенный в трубопроводе, соединяющем двигатель с радиатором. Насос, приводимый в действие от коленчатого вала, создает циркуляцию жидкости в системе. Горячая жидкость,

проходя по трубкам радиатора, отдает тепло воздуху, подаваемому в него вентилятором. Интенсивность охлаждения двигателя можно менять, изменяя интенсивность циркуляции жидкости или интенсивность воздушного потока, проходящего через радиатор, в зависимости от температуры воздуха окружающей среды или условий движения (скорость, нагрузка и т.д.).

Система смазки двигателей внутреннего сгорания. Работа целого ряда узлов и механизмов двигателей связана со взаимным перемещением деталей относительно друг друга. В результате чего возникает трение, на преодоление которого следует затрачивать определенную работу.

Известно два вида трения - скольжение и качение. Первое возникает как при поступательном, так и при вращательном движении деталей, а второе - при перекатывании одной детали по другой. Следует отметить, что трение качения намного целесообразнее, чем трение скольжения. Вот почему при создании той или иной модели двигателя, если это возможно, стараются заменить трение скольжения трением качения. Однако в подавляющем большинстве узлов автомобиля имеет место трение скольжения (перемещение поршня в цилиндре, вращение коленчатого вала в подшипниках и др.). Для уменьшения трения скольжения между трущимися поверхностями деталей вводят слой смазки, который не дает возможности им соприкоснуться друг с другом. В результате этого вместо трения между твердыми телами возникает трение между частицами (молекулами) жидкой смазки. Такое трение называют жидкостным. При жидкостном трении работа затрачивается в основном на преодоление сил молекулярного притяжения смазки. Если взаимное притяжение молекул смазки окажется недостаточным, то она будет вытекать (выдавливаться) из зазора. В этом случае трение будет происходить между адсорбированными пленками. Такое трение называется граничным. Когда слой смазки нарушен, то между трущимися поверхностями деталей будет иметь место частичное касание поверхностей друг друга. Такое трение называется полужидким. Если же между трущимися поверхностями вообще отсутствует смазка, то возникающее между ними трение называется сухим. Из всех видов трения наиболее желательным является жидкостное, которое зависит от вязкости масла и скорости взаимного перемещения деталей относительно друг друга, а также от нагрузки на них и величины зазора между ними. Чем толще слой смазки, тем надежнее жидкостное трение. Однако если зазоры чрезмерно велики, то возможность выдавливания смазки будет более вероятной. Поэтому по мере увеличения зазоров между поверхностями деталей узлов трения необходимо уменьшать их до наивыгоднейших. Для этого, например, в таких узлах трения, как шейки коленчатого вала и подшипники, производят замену вкладышей.

При чрезмерно высокой вязкости увеличиваются затраты работы на преодоление трения и затрудняется подача масла в зазоры. Чрезмерно малые зазоры могут привести к нарушению подачи масла к поверхностям трения, нарушению нормального режима смазки, резкому повышению трения и чрезмерному нагреву и свариванию деталей узлов трения.

Моторные масла. Для смазывания двигателей автомобилей применяют специальные моторные масла минерального происхождения, которые получают из нефти, а также синтетические. Марки моторных масел весьма разнообразны. Их основными свойствами являются вязкость, маслянистость и чистота (отсутствие механических примесей и кислот). Вязкость характеризует чистоту масла, его текучесть и способность проникать в зазоры между трущимися деталями. Маслянистость характеризует свойство масла обволакивать трущиеся детали масляной пленкой. Для повышения качества моторных масел к ним добавляют специальные присадки, повышающие смазывающие свойства масел.

Смазочной называется система, обеспечивающая подачу масла к трущимся деталям двигателя.

Система смазки двигателя внутреннего сгорания служит для уменьшения трения и изнашивания деталей двигателя, для охлаждения и коррозионной защиты трущихся деталей и удаления с их поверхностей продуктов изнашивания.

В двигателях автомобилей применяется комбинированная система смазки различных типов. Типы смазочных систем, классифицированных по различным признакам, представлены на рисунке 6.25.

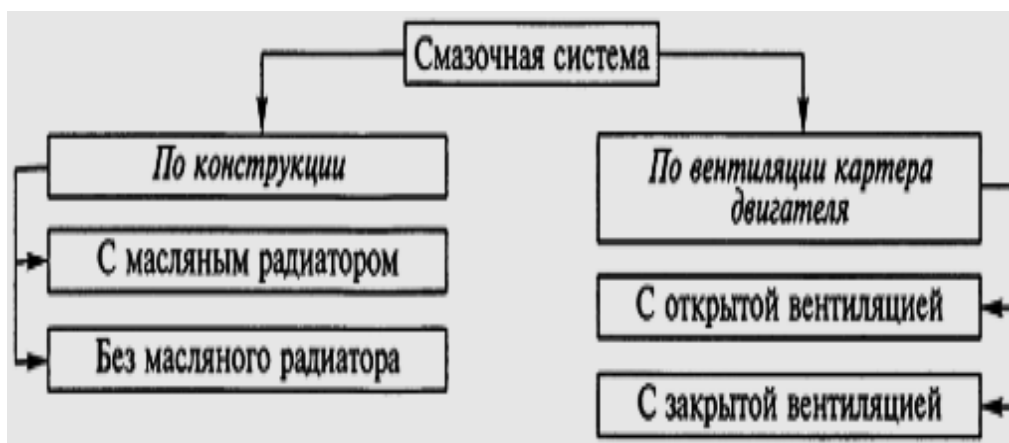


Рисунок 6.25. – Типы систем смазки ДВС

Комбинированной называется система смазки, осуществляющая смазывание деталей двигателя под давлением и разбрызгиванием. Давление создается масляным насосом, а разбрызгивают масло коленчатый вал и другие быстро вращающиеся детали двигателя.

Под давлением смазываются наиболее нагруженные трущиеся детали двигателей – коренные и шатунные подшипники коленчатого вала, опорные подшипники распределительного вала, подшипники вала привода масляного насоса и др.

Разбрызгиванием смазываются стенки цилиндров, поршни, поршневые кольца, поршневые пальцы, детали газораспределительного механизма, его цепного или шестеренного привода и другие детали двигателей. В двигателях

со смазочной системой без масляного радиатора охлаждение масла, которое нагревается в процессе работы, происходит в основном в масляном поддоне.

При наличии в смазочной системе масляного радиатора охлаждение масла осуществляется и в масляном поддоне, и в масляном радиаторе, которые включаются в работу при длительном движении автомобиля с высокими скоростями и при эксплуатации автомобиля летом.

В смазочной системе с открытой вентиляцией картера двигателя картерные газы, состоящие из горючей смеси и продуктов сгорания, удаляются в окружающую среду.

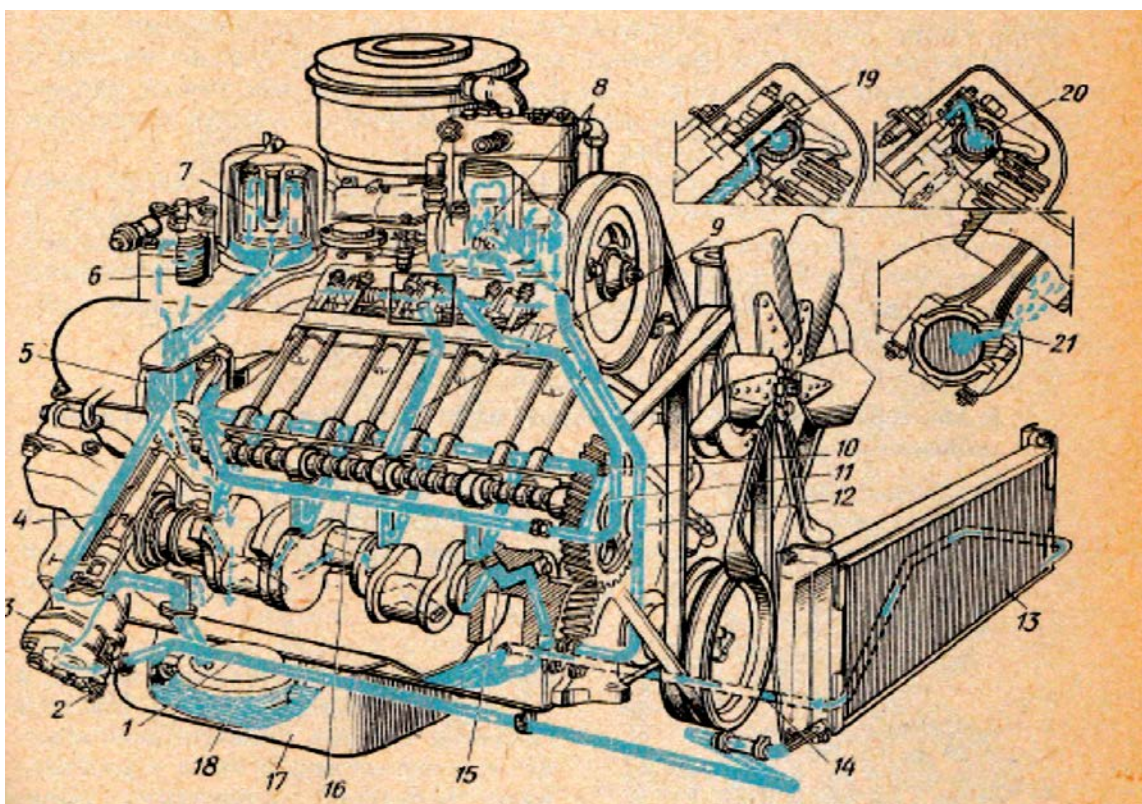
При закрытой вентиляции картера двигателя картерные газы принудительно удаляются в цилиндры двигателя на догорание, что предотвращает попадание газов в салон кузова легкового автомобиля и уменьшает выброс ядовитых веществ в окружающую среду.

Устройство и принцип работы системы смазки. Смазочная система включает в себя масляный поддон, масляный насос с редукционным клапаном и маслоприемником, масляный фильтр, маслопроводы (каналы в головке и блоке цилиндров, коленчатом и распределительном валах), заливную горловину и указатель уровня масла (рисунок 6.26).

Масло заливают в поддон через горловину и его количество контролируют специальным стержнем, конец которого находится в масляной ванне. При работе двигателя масло забирается из поддона насосом через маслоприемник и по приемному каналу в блоке цилиндров подается в фильтр, который включен в главную масляную магистраль последовательно. Из фильтра масло через главную магистраль и канал в блоке цилиндров под давлением поступает соответственно к коренным подшипникам коленчатого вала и переднему подшипнику вала привода масляного насоса, а также к заднему подшипнику по центральному каналу вала.

Максимальное давление масла, создаваемое насосом, ограничивается редукционным клапаном, установленным в масляном насосе.

При засорении фильтра масло поступает в главную масляную магистраль, минуя фильтр, через перепускной клапан, который установлен в фильтре. От коренных подшипников масло через внутренние каналы коленчатого вала подается к шатунным подшипникам и от них через отверстия в нижних головках шатунов разбрызгивается на стенки цилиндров.



1-маслопровод; 2-кран; 3-масляный насос; 4, 9, 10, 11, 16-масляные каналы в блоке цилиндров; 5-распределительная камера; 6-фильтр грубой очистки; 7-фильтр тонкой очистки; 8-компрессор; 12, 14-трубки; 13-масляный радиатор; 15-полости шатунных шеек; 17-поддон картера; 18-маслоприемник; 19-стойка коромысла; 20-полая ось коромысла; 21-отверстие впрыска масла в цилиндр

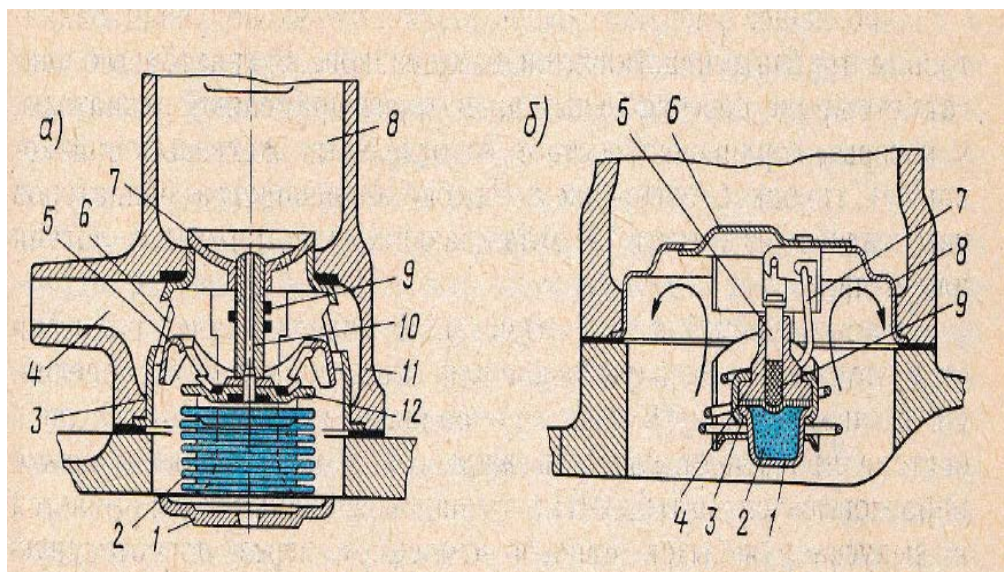
Рисунок 6.26. – Система смазки ДВС ЗИЛ-130

Поршневые кольца и поршневые пальцы смазываются маслом, снимаемым со стенок цилиндров, и масляным туманом, находящимся внутри двигателя. К центральному опорному подшипнику распределительного вала масло из фильтра под давлением поступает через главную магистраль, канал и канавку в опоре в центральный канал распределительного вала и из него к другим опорным подшипникам и кулачкам вала.

Звездочка и цепь привода распределительного вала смазываются маслом, вытекающим из переднего опорного подшипника вала. Стержни клапанов, направляющие втулки и другие детали клапанов смазываются маслом, разбрызгиваемым механизмами двигателя при их работе. Отработавшее масло стекает в поддон картера двигателя. Давление масла в смазочной системе контролируется контрольной лампой, датчик которой установлен на блоке цилиндров двигателя.

Последовательность выполнения работы. 1. Ознакомиться с устройством элементов системы охлаждения, расположением их на двигателе.

2. Рассмотреть варианты конструкции термостатов и их принципа действия (рисунок 6.27).



а) жидкостный термостат: 1-рамка; 2-гофрированный боллон; 3-корпус; 4, 8-каналы; 5-вспомогательный клапан; 6-окна; 7-основной клапан; 9-направляющая планка; 10-шток; 11-патрубок; 12-диск;

б) термостат с твердым наполнителем: 1-баллон; 2-активная масса; 3-мембрана; 4-крышка; 5-шток; 6-заслонка; 7-пружина с отростком; 8-кожух; 9-резиновый буфер

Рисунок 6.27. – Термостаты систем охлаждения ДВС

3. Установить место расположения указателя температурного датчика.
4. Кратко описать конструкцию элементов системы охлаждения, вычертить схему принудительной системы охлаждения.
5. Ознакомиться с устройством элементов системы смазки, расположение и их креплением на двигателе.
6. Установить места расположения датчиков уровня и давления масла.
7. Кратко описать устройство системы смазки.

Практическая работа № 5 СИСТЕМА ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЯ

Цель работы. Ознакомление с устройством, расположение и креплением приборов системы питания дизелей.

Общие положения

Система питания дизельного двигателя должна создавать высокое давление впрыска топлива в камеру сгорания цилиндра; дозировать порции топлива в соответствии с нагрузкой двигателя; производить впрыск топлива в

строго определенный момент, в течение заданного промежутка времени и с определенной интенсивностью; хорошо распылять и равномерно распределять топливо по объему камеры сгорания; надежно фильтровать топливо перед его поступлением в насосы и форсунки.

Дизельное топливо представляет собой смесь керосиновых, газойлевых и соляровых фракций после отгона из нефти бензина. К основным свойствам дизельного топлива относятся: воспламеняемость, оцениваемая октановым числом; вязкость; чистота и температура застывания, по которым различают дизельное топливо по сортам: ДЛ - летнее ДЗ - зимнее, ДА - арктическое.

Система питания дизельного двигателя состоит из:

- топливного бака;
- фильтров грубой и тонкой очистки воздуха;
- топливоподкачивающего насоса;
- топливного насоса высокого давления с регулятором частоты вращения и автоматической муфтой опережения впрыска топлива;
- форсунок;
- трубопроводов высокого и низкого давления;
- воздушного фильтра;
- выпускного газопровода;
- глушителя шума отработавших газов.

Система питания дизеля разделяется на топливоподводящую и воздухоподводящую аппаратуру.

Топливоподача осуществляется по двум магистралям: низкого и высокого давления. Назначение магистрали низкого давления состоит в хранении топлива, его фильтрации и подачи под малым давлением к топливному насосу высокого давления.

Назначение магистрали высокого давления состоит в обеспечении подачи и впрыскивания необходимого количества топлива в цилиндры двигателя в строго определенный момент.

Топливоподкачивающий насос дизеля 12 подает топливо из бака через фильтры грубой 15 и тонкой очистки 8 по топливопроводам низкого давления 14 к топливному насосу высокого давления 17 (ТНВД), который в соответствии с порядком работы цилиндров по топливопроводам высокого давления 13 и 2 подает топливо к форсункам 3. Форсунки, расположенные в головках цилиндров, впрыскивают и распыляют топливо в камеры сгорания 5 двигателя. Так как топливоподкачивающий насос подает к ТНВД топлива больше, чем необходимо, то его избыток, а с ним и попавший в систему воздух, по дренажным трубопроводам отводится обратно в бак 11 (рисунок 6.28).

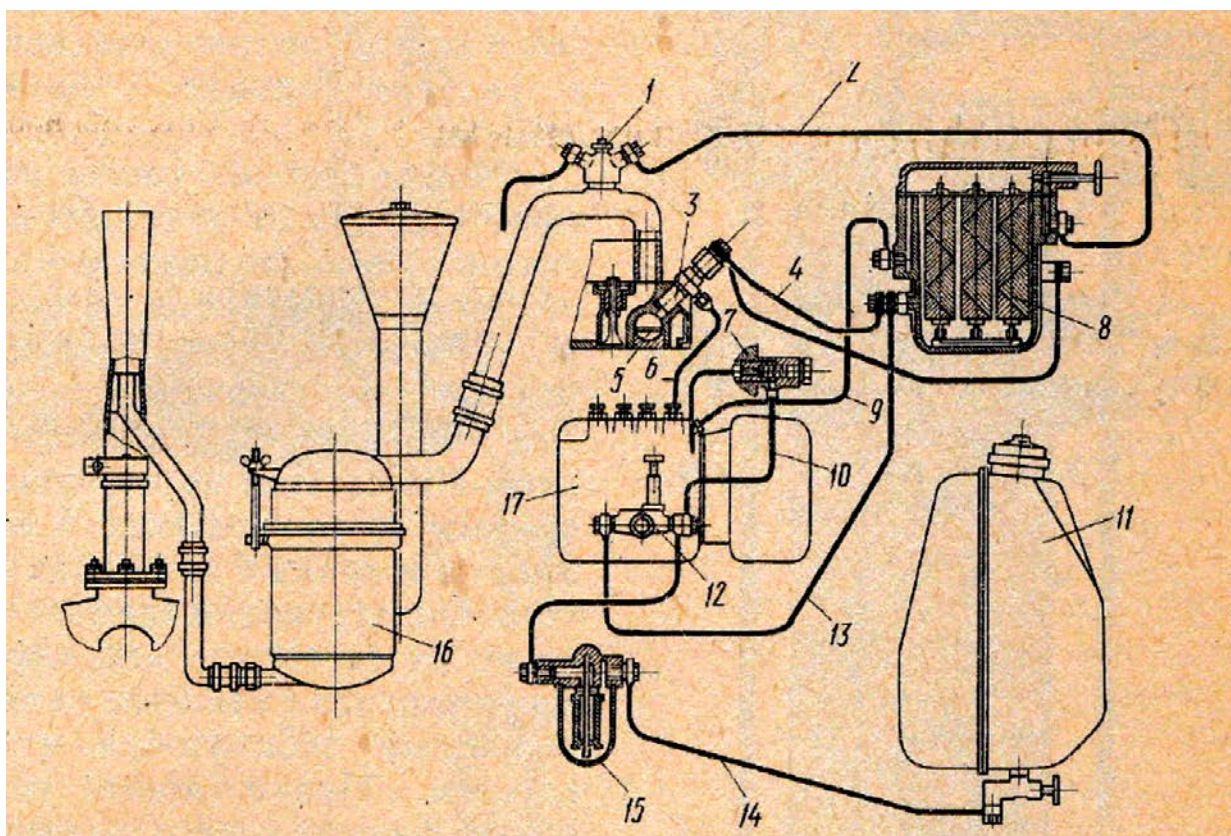


Рисунок 6.28. – Топливная система дизеля

Топливный насос высокого давления (ТНВД) служит для подачи в камеры сгорания двигателя через форсунки требуемых порций топлива. Состоит из одинаковых секций по количеству цилиндров двигателя (рисунок 6.29).

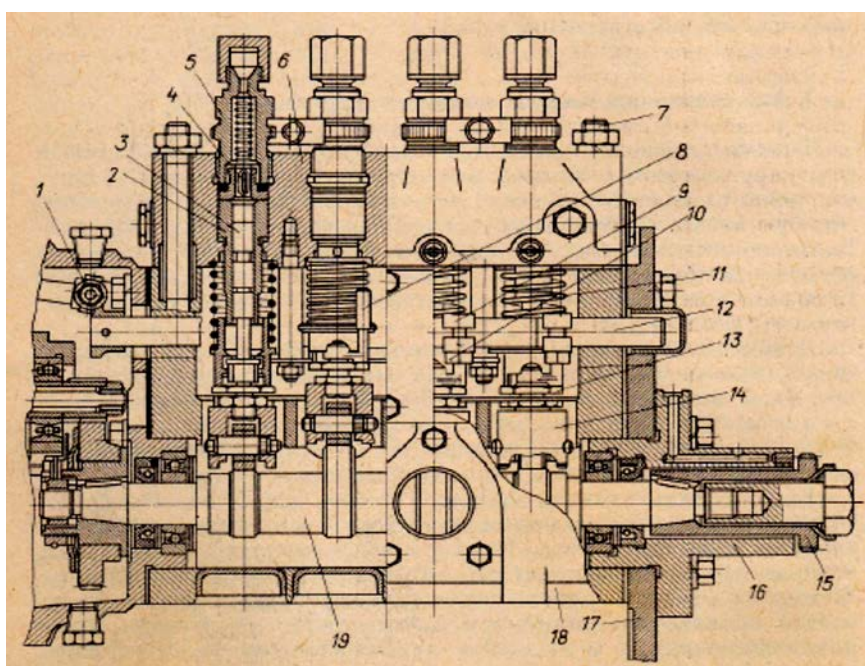


Рисунок 6.29. – Топливный насос высокого давления

Он состоит из корпуса 18, кулачкового вала 19, головки 6, четырех секций насоса и механизма регулирования количества подаваемого топлива.

Корпус представляет собой отлитую из чугуна коробку, к которой крепят головку с помощью болтов 7 и в которой размещают узлы и детали насоса. Корпус внутри имеет горизонтальную перегородку, которая делит его на верхнюю и нижнюю полости. В верхней полости размещены механизм регулирования количества подаваемого топлива и выступающие из головки части плунжерных пар, а в нижней – кулачковый вал 19. В горизонтальной перегородке имеются четыре отверстия, в которых установлены толкатели 14. С правой стороны корпуса имеется прилив для установки топливоподкачивающего насоса. К заднему торцу корпуса крепят регулятор частоты вращения, а переднему торцу – плиту 17 и установочный фланец 16.

Кулачковый вал служит для периодического перемещения плунжеров из нижнего положения в верхнее. Вал установлен на шариковых подшипниках. Он имеет четыре кулачка тангенциального профиля и эксцентрик для привода в действие топливоподкачивающего насоса. Вал приводится во вращение от шестерни, установленной на фланец 16. Шестерня соединяется с валом с помощью шлицевой втулки 15, которая насажена на его конический хвостовик. На конце вала со стороны регулятора закреплена шестерня, с помощью которой приводится во вращение механизм регулятора. Кулачковый вал у четырехтактных дизелей вращается в два раза медленнее коленчатого вала. Вал изготавливают штамповкой из углеродистой стали.

Головка 6 представляет собой фасонную отливку из чугуна, в которой размещены детали секций насоса, два продольных канала. Топливо из фильтра тонкой очистки поступает в эти каналы. Головка насоса соединена с корпусом шпильками.

Секция насоса состоит из гильзы 2, плунжера 3, пружины плунжера 11, нагнетательного клапана 4 с седлом и пружиной, штуцера 5, толкателя 14 с роликом и регулировочным болтом 13. Гильзу 2 устанавливают в головке 6 насоса в определенном положении и фиксируют от проворачивания регулировочным винтом. Плунжер 3 предназначен для подачи топлива под давлением к форсункам и является золотником для регулирования количества подаваемого топлива соответственно нагрузке дизеля. Толкатель служит для передачи движения от кулачкового вала 19 к плунжеру 3.

Механизм регулирования количества подаваемого топлива предназначен для увеличения или уменьшения количества топлива, подаваемого в цилиндры при изменении режима работы дизеля. Механизм состоит из рейки 12, на которой стяжными болтами 10 закреплены хомутики 9 и скобы 1. В пазы хомутиков входят поводки 8 плунжеров. Рейка 12 с помощью скобы 1 связана с регулятором частоты вращения.

Трущиеся поверхности подвижных деталей ТНВД, кроме гильзы и плунжера, смазываются дизельным маслом, находящимся в нижней полости

корпуса насоса. Поверхности гильзы и плунжера смазываются дизельным топливом.

Форсунки служат для впрыскивания и распыления топлива, а также для распределения его частиц по объему камеры сгорания.

Основным конструктивным элементом форсунки является распылитель, имеющий одно или несколько сопловых отверстий, формирующих факел впрыскиваемого топлива.

Существуют форсунки закрытого и открытого типа. В четырехтактных дизелях применяют форсунки закрытого типа, сопловые отверстия которых закрываются запорной иглой. Поэтому внутренняя полость в корпусе распылителей форсунок сообщается с камерой сгорания только в период впрыскивания топлива.

Последовательность выполнения работы. 1. Ознакомиться с общим устройством элементов питания, расположением и креплением их на двигателе.

2. Рассмотреть конструкцию топливного насоса высокого давления (ТНВД).

3. Выяснить назначение регулятора частоты вращения и рассмотреть его конструкцию.

4. Выяснить назначение форсунки и ознакомиться с ее устройством (использовать плакаты).

5. Установить место расположения указателя уровня топлива и рассмотреть его устройство.

Составление отчета. Кратко опишите конструкцию топливного насоса высокого давления, регулятора частоты вращения и форсунки. Вычертите схему системы питания дизеля.

Практическая работа № 6 СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ ДВС

Цель работы. Ознакомление с устройством, расположением и креплением приборов системы зажигания ДВС.

Общие положения

Система зажигания предназначена для создания тока высокого напряжения и распределения его по свечам цилиндров. Импульс тока высокого напряжения подается на свечи в строго определенный момент времени, который меняется в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки на двигатель.

Существует контактная или бесконтактная система зажигания.

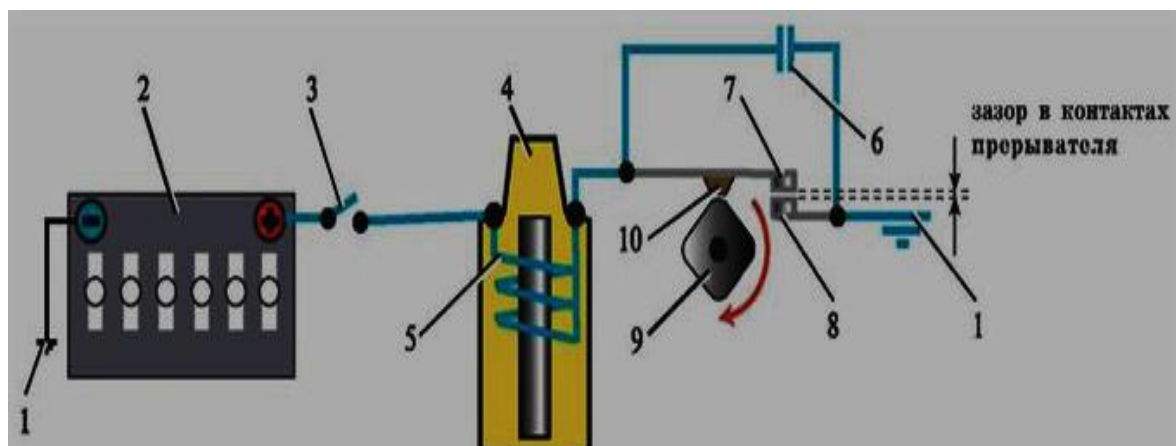
Контактная система зажигания. Источники электрического тока (аккумуляторная батарея и генератор) вырабатывают ток низкого напряжения. Они "выдают" в бортовую электрическую сеть автомобиля 12–14 вольт. Для

возникновения искры между электродами свечи на них необходимо подать 18–20 тысяч вольт! Поэтому в системе зажигания имеются две электрические цепи – низкого и высокого напряжения (рис. 6.30).

Контактная система зажигания состоит из:

- катушки зажигания;
- прерывателя тока низкого напряжения;
- распределителя тока высокого напряжения;
- центробежного регулятора опережения зажигания;
- вакуумного регулятора опережения зажигания;
- свечей зажигания;
- проводов низкого и высокого напряжения;
- включателя зажигания.

Катушка зажигания предназначена для преобразования тока низкого напряжения в ток высокого напряжения. Как и большинство приборов системы зажигания, она располагается в моторном отсеке.



1 – "масса" автомобиля; 2 – аккумуляторная батарея; 3 – контакты замка зажигания; 4 – катушка зажигания; 5 – первичная обмотка (низкого напряжения); 6 – конденсатор; 7 – подвижный контакт прерывателя; 8 – неподвижный контакт прерывателя; 9 – кулачок прерывателя; 10 – молоточек контактов

Рисунок 6.30. - Электрическая цепь низкого напряжения

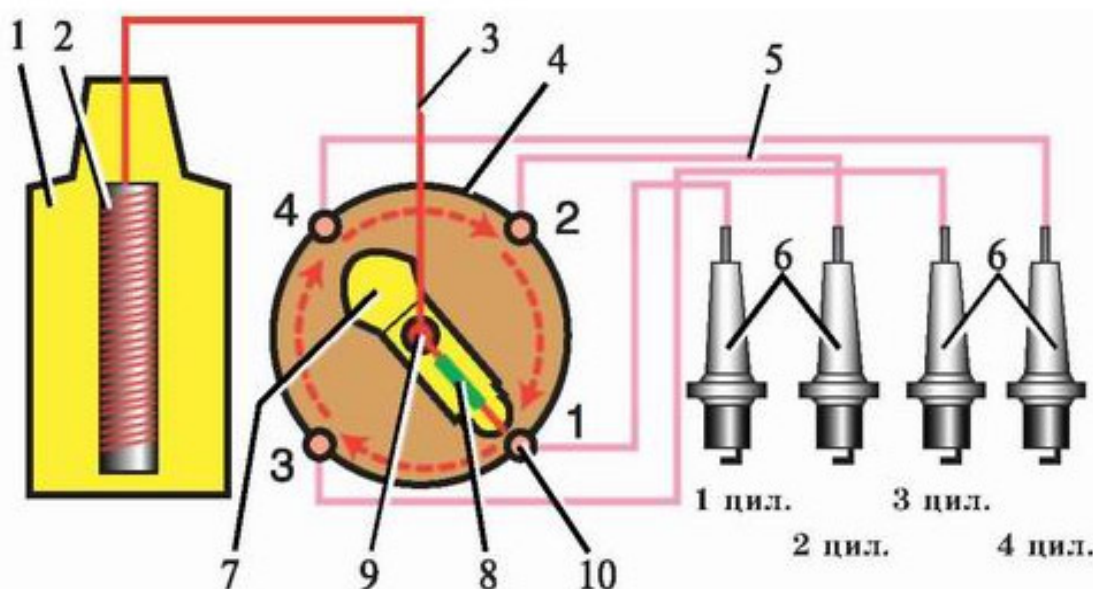
Принцип работы катушки зажигания очень прост и знаком из школьного курса физики. Когда по обмотке низкого напряжения протекает электрический ток, вокруг нее создается магнитное поле. Если прервать ток в этой обмотке, то исчезающее магнитное поле индуцирует ток уже в другой обмотке (высокого напряжения).

За счет разницы в количестве витков обмоток катушки, из 12-ти вольт мы получаем необходимые нам 20 тысяч вольт! Цифра весьма впечатляющая, но это как раз то напряжение, которое в состоянии пробить воздушное пространство (около миллиметра) между электродами свечи зажигания.

Прерыватель тока низкого напряжения (контакты прерывателя – рис. 6.30) нужен для того, чтобы размыкать ток в цепи низкого напряжения. При этом во

вторичной обмотке катушки зажигания индуцируется ток высокого напряжения, который затем поступает на центральный контакт распределителя.

Контакты прерывателя находятся под крышкой распределителя зажигания. Пластинчатая пружина подвижного контакта постоянно прижимает его к неподвижному контакту. Размыкаются они лишь на короткий срок, когда набегающий кулачок приводного валика прерывателя-распределителя надавит на молоточек подвижного контакта (рис. 6.31).



1 – катушка зажигания; 2 – вторичная обмотка (высокого напряжения);
3 – высоковольтный провод катушки зажигания; 4 – крышка распределителя
тока высокого напряжения; 5 – высоковольтные провода свечей зажигания; 6 – свечи
зажигания; 7 – распределитель тока высокого напряжения ("бегунок"); 8 – резистор;
9 – центральный контакт распределителя; 10 – боковые контакты крышки
Рисунок 6.31. – Электрическая цепь высокого напряжения

Параллельно контактам включен конденсатор, который необходим для того, чтобы контакты не обгорали в момент размыкания. Во время отрыва подвижного контакта от неподвижного между ними хочет проскочить мощная искра, но конденсатор поглощает в себя большую часть электрического разряда и искрение уменьшается до незначительного.

Но это только половина полезной работы конденсатора. Он еще участвует и в увеличении напряжения во вторичной обмотке катушки зажигания. Когда контакты прерывателя полностью размыкаются, конденсатор разряжается, создавая обратный ток в цепи низкого напряжения, и тем самым, ускоряет исчезновение магнитного поля. А чем быстрее исчезает это поле, тем больший ток возникает в цепи высокого напряжения.

При выходе конденсатора из строя двигатель работать не будет! Напряжение во вторичной цепи получится недостаточно большим для того, чтобы пробить воздушную преграду между электродами свечи зажигания.

Прерыватель тока низкого напряжения и распределитель высокого напряжения расположены в одном корпусе и имеют привод от коленчатого вала двигателя.

Крышка распределителя и распределитель (ротор) тока высокого напряжения (рис. 6.31) предназначены для распределения тока высокого напряжения по свечам цилиндров двигателя.

После того, как в катушке зажигания образовался ток высокого напряжения, он попадает (по высоковольтному проводу) на центральный контакт крышки распределителя, а затем через подпружиненный контактный уголок на пластину ротора.

Во время вращения ротора ток через небольшой воздушный зазор "соскакивает" с его пластины на боковые контакты крышки. Далее, через высоковольтные провода импульс тока высокого напряжения попадает к свечам зажигания.

Боковые контакты крышки распределителя пронумерованы и соединены высоковольтными проводами со свечами цилиндров в строго определенной последовательности.

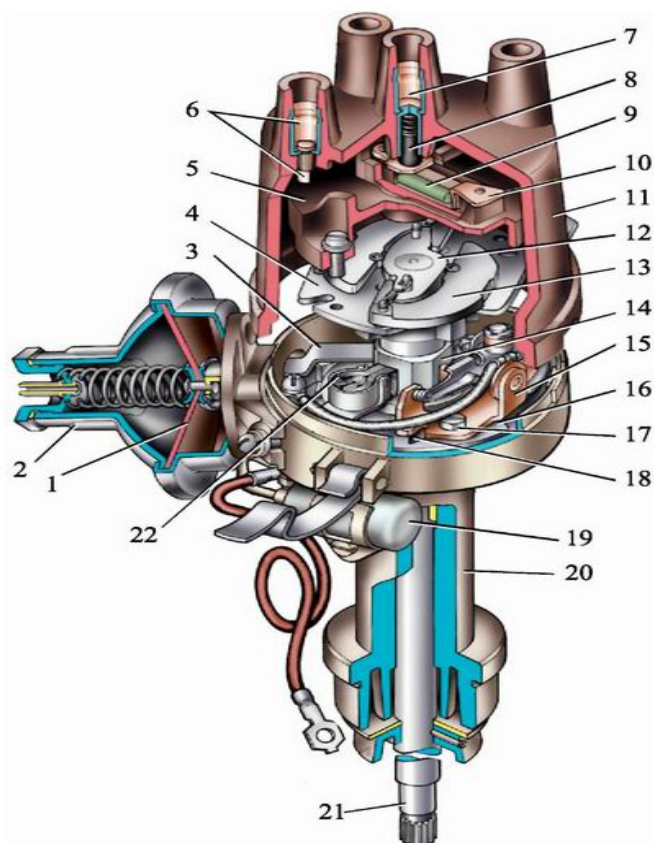
Таким образом, устанавливается "порядок работы цилиндров", который выражается рядом цифр.

Как правило, для четырехцилиндровых двигателей применяется порядок работы: 1–3–4–2. Это означает, что после воспламенения рабочей смеси в первом цилиндре, следующий "взрыв" произойдет в третьем, потом в четвертом и, наконец, во втором цилиндре. Такой порядок работы цилиндров установлен для равномерного распределения нагрузки на коленчатый вал двигателя.

Подача высокого напряжения на электроды свечи зажигания должна происходить в конце такта сжатия, когда поршень не доходит до верхней мертвой точки примерно $4-6^\circ$, измеряя по углу поворота коленчатого вала. Этот угол называют углом опережения зажигания.

Необходимость опережения момента зажигания горючей смеси обусловлена тем, что поршень движется в цилиндре с огромной скоростью. Если смесь поджечь несколько позже, то расширяющиеся газы не будут успевать делать свою основную работу, то есть давить на поршень в должной степени. Хотя горючая смесь и сгорает в течение 0,001–0,002 секунды, поджигать ее надо до подхода поршня к верхней мертвой точке. Тогда в начале и середине рабочего хода поршень будет испытывать необходимое давление газов, а двигатель будет обладать той мощностью, которая требуется для движения автомобиля.

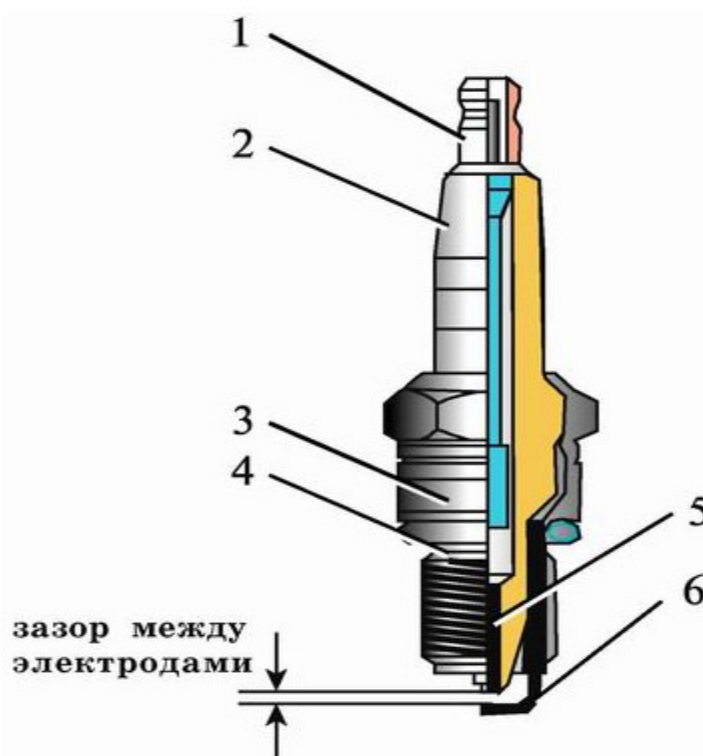
Первоначальный угол опережения зажигания выставляется и корректируется с помощью поворота корпуса прерывателя-распределителя. Тем самым мы выбираем момент размыкания контактов прерывателя, приближая их или, наоборот, удаляя от набегающего кулачка приводного валика прерывателя-распределителя (рис. 6.32).



1 – диафрагма вакуумного регулятора; 2 – корпус вакуумного регулятора;
 3 – тяга; 4 – опорная пластина; 5 – ротор распределителя ("бегунок"); 6 – боковой
 контакт крышки; 7 – центральный контакт крышки; 8 – контактный уголек;
 9 – резистор; 10 – наружный контакт пластины ротора; 11 – крышка
 распределителя; 12 – пластина центробежного регулятора; 13 – кулачок прерывателя;
 14 – грузик; 15 – контактная группа; 16 – подвижная пластина прерывателя; 17 – винт
 крепления контактной группы; 18 – паз для регулировки зазоров в контактах;
 19 – конденсатор; 20 – корпус прерывателя-распределителя; 21 – приводной
 валик; 22 – фильц для смазки кулачка
Рисунок 6.32. -. Прерыватель-распределитель

В зависимости от режима работы двигателя, условия процесса сгорания рабочей смеси в цилиндрах постоянно меняются. Поэтому для обеспечения оптимальных условий необходимо постоянно менять и указанный выше угол ($4-6^\circ$). Это обеспечивают центробежный и вакуумный регуляторы опережения зажигания.

Свеча зажигания (рис. 6.33) необходима для образования искрового разряда и поджигания рабочей смеси в камере сгорания. Устанавливается свеча зажигания в головке цилиндра двигателя.



1 – контактная гайка; 2 – изолятор; 3 – корпус; 4 – уплотнительное кольцо; 5 – центральный электрод; 6 – боковой электрод

Рисунок 6.33. - Свеча зажигания

Когда импульс тока высокого напряжения от распределителя зажигания попадает на свечу, между ее электродами проскакивает искра. Именно эта "искорка" и воспламеняет рабочую смесь, обеспечивая тем самым нормальное прохождение рабочего цикла двигателя. Свеча зажигания маленькая, но очень важная деталь вашего двигателя.

В обычной жизни вы можете посмотреть на принцип работы свечи зажигания, поиграв с пьезо- или электрозажигалкой, которая используется на кухне. Искра, проскакивающая между электродами зажигалки, воспламеняет газ и обеспечивает рабочий "кухонный" процесс.

Высоковольтные провода служат для подачи тока высокого напряжения от катушки зажигания к распределителю и от него на свечи зажигания.

Бесконтактная система зажигания. Преимущество бесконтактной системы зажигания заключается в возможности увеличения подаваемого напряжения на электроды свечи (увеличение "мощности" искры). Это означает, что улучшается процесс воспламенения рабочей смеси. Тем самым облегчается запуск холодного двигателя, повышается устойчивость его работы на всех режимах, что имеет особое значение для суровых зимних месяцев.

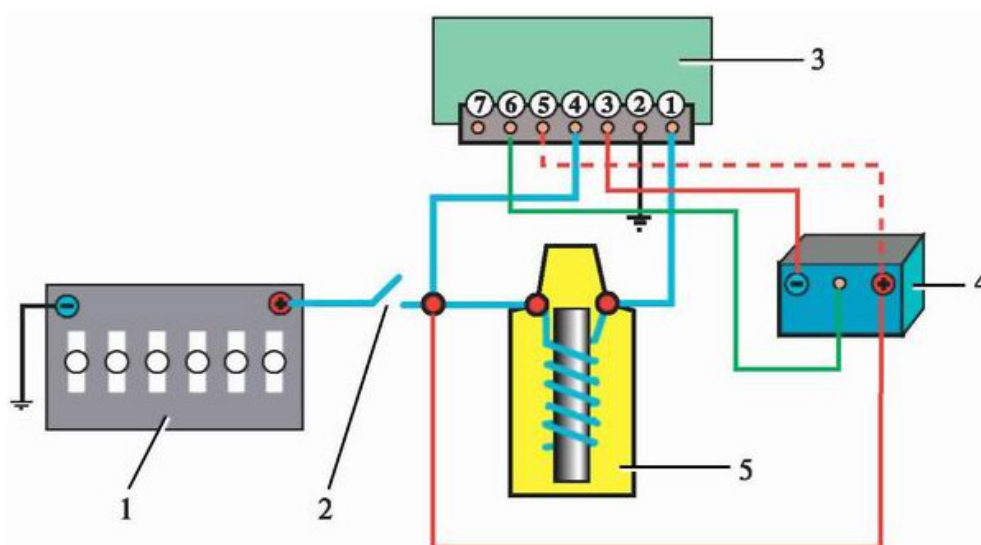
Немаловажным фактом является то, что при использовании бесконтактной системы зажигания двигатель становится более экономичным.

У бесконтактной системы, как и у контактной, есть цепи низкого (рис. 6.34) и высокого напряжения (рис. 6.35).

Цепи высокого напряжения контактной и бесконтактной систем зажигания практически ничем не отличаются, но цепи низкого напряжения у них различны. В бесконтактной системе используются электронные устройства – коммутатор и датчик-распределитель (датчик Холла) (рис. 6.34).

Бесконтактная система зажигания включает в себя следующие узлы:

- катушку зажигания;
- датчик-распределитель;
- коммутатор;
- свечи зажигания;
- провода высокого и низкого напряжения;
- выключатель зажигания.



- 1 – аккумуляторная батарея; 2 – контакты замка зажигания;
 3 – транзисторный коммутатор; 4 – датчик-распределитель (датчик Холла);
 5 – катушка зажигания

Рисунок 6.34. – Электрическая цепь низкого напряжения бесконтактной системы

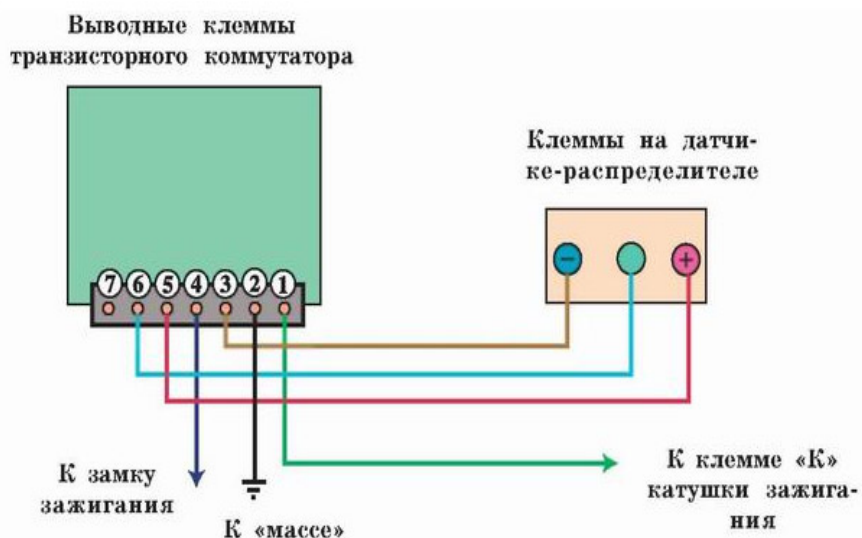


Рисунок 6.35. – Бесконтактная система зажигания

В такой системе зажигания отсутствуют контакты прерывателя, а значит, нечему подгорать и нечего регулировать. Функцию контактов в этом случае выполняет бесконтактный датчик Холла, который посылает управляющие импульсы в электронный коммутатор. А коммутатор, в свою очередь, управляет катушкой зажигания, которая преобразует ток низкого напряжения в те самые "страшно большие" вольты.

Последовательность выполнения работы. 1. Ознакомиться с общим устройством и назначением элементов системы зажигания, расположением и креплением их на двигателе.

2. Выяснить назначение аккумуляторной батареи и рассмотреть ее устройство. Определить технические данные аккумуляторной батареи.

3. Выяснить назначение генератора и рассмотреть его устройство. Ознакомиться с способами крепления и привода генератора.

4. Выяснить назначение и принцип устройства катушки зажигания.

5. Выяснить назначение прерывателя – распределителя и рассмотреть его устройство. Установить место его расположения и ознакомиться с приводом.

6. Рассмотреть конструкцию свечей зажигания.

Составление отчета. Кратко опишите конструкцию элементов системы зажигания. Результаты определения технических данных аккумуляторной батареи и генератора отразите в виде таблицы.

Вычертите схемы контактной и бесконтактной систем зажигания.

Практическая работа № 7 УСТРОЙСТВО МЕХАНИЗМОВ ТРАНСМИССИИ ГОРНЫХ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

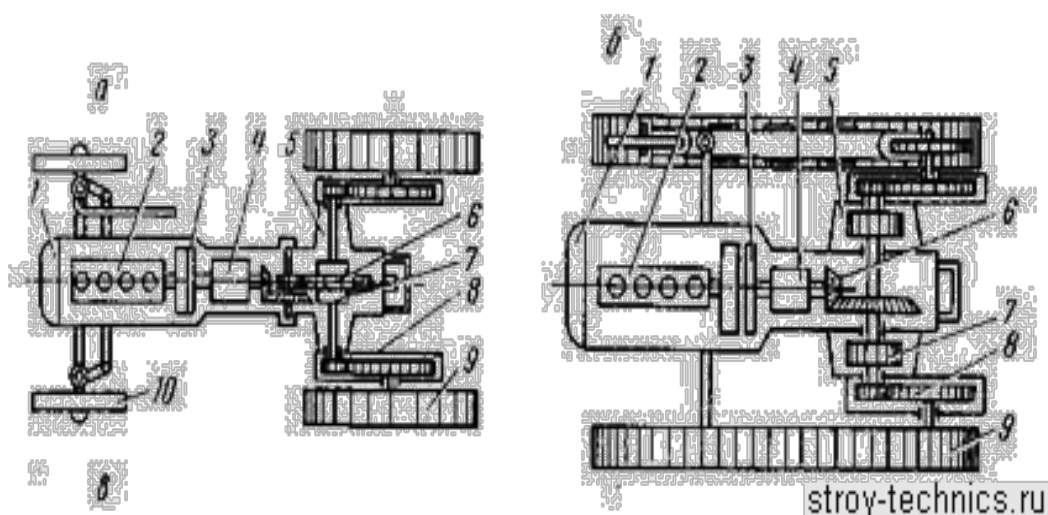
Цель работы. Ознакомление с устройством, расположением и креплением элементов трансмиссии (силовых передач).

Общие положения

Силовая передача, устройство для передачи механической энергии, обычно с преобразованием сил, моментов и скоростей, а в некоторых случаях — характера движения. Силовая передача в приводах машин позволяет согласовать режимы работы двигателя и исполнительных органов машины, приводить в движение несколько механизмов от одного двигателя, осуществлять реверсирование движения, изменять вращающие моменты и частоты вращения при сохранении постоянного момента и частоты вращения двигателя, преобразовывать вращательное движение в поступательное, винтовое и др. Наибольшее распространение в машиностроении получили механические силовые передачи с твёрдыми звеньями, нередко используются также гидравлические (гидропривод машин), пневматические и другие силовые

передачи. Иногда в одной машине для привода различных механизмов могут одновременно применяться силовые передачи разных типов или их комбинации (например, гидромеханические силовые передачи). Экономическая целесообразность использования в машинах быстроходных двигателей (в связи с их меньшими габаритом, массой и стоимостью) определяет преимущественное распространение силовых передач, понижающих частоту вращения ведомого вала по сравнению с ведущим. Наибольшую мощность можно передать с помощью зубчатых силовых передач (известны, например, редукторы к судовым турбинам мощностью свыше 50 МВт). Мощность червячных силовых передач ограничена (обычно 200 кВт) недостатком высоким КПД и нагревом. Цепные силовые передачи могут передавать мощность до 4 МВт, фрикционные силовые передачи — до 300 кВт, ременные силовые передачи — до 1,5 МВт. Механические силовые передачи компактны, удобны для компоновки машин, обладают высокой надёжностью, позволяют относительно просто осуществлять необходимые преобразования движения и практически любые передаточные отношения; при надлежащем качестве изготовления большинство силовых передач имеет высокий КПД.

Применение гидродинамического трансформатора облегчает управление автомобилем и улучшает его тяговую характеристику, однако не исключает механическую трансмиссию. Компоновка силовой передачи гусеничных мобильных средств показана на рис. 6.36, б. Взаимное расположение групп механизмов является установившимся и проверенным многолетней практикой конструирования и эксплуатации гусеничных средств. Широкое распространение в промышленных тракторах получили фрикционно-зубчатые ступенчатые и гидродинамические передачи с гидравлическим трансформатором крутящего момента трансмиссии.



а - колесный трактор общего назначения; б - гусеничный трактор; 1 - радиатор; 2 - двигатель; 3 - муфта сцепления; 4 - коробка передач; 5 - задний мост; 6 - центральная передача; 7 - дифференциал (механизм поворота у гусеничных тракторов); 8 - конечная передача; 9 - ведущее колесо (гусеница); 10 - направляющее колесо.

Рисунок 6.36. - Компоновка механизмов на тракторе

Фрикционная муфта (устар. — фрикцион) — устройство передачи вращательного движения посредством силы трения скольжения.

По назначению фрикционные муфты могут быть сцепными и предохранительными.

Сцепная фрикционная муфта (муфта сцепления) предназначена для разъединения и плавного соединения входного и выходного валов посредством трения.

Во время включения в работу сцепных фрикционных муфт крутящий момент на ведомом валу возрастает поступательно и пропорционально увеличению силы взаимного прижатия поверхностей трения. Это позволяет соединять валы под нагрузкой и со значительной начальной разницей их угловых скоростей. В процессе включения муфта пробуксовывает, а разгон ведомого вала осуществляется плавно без ударов.

Предохранительная муфта предназначена для разобщения входного и выходного валов в случае превышения предельной величины крутящего момента.

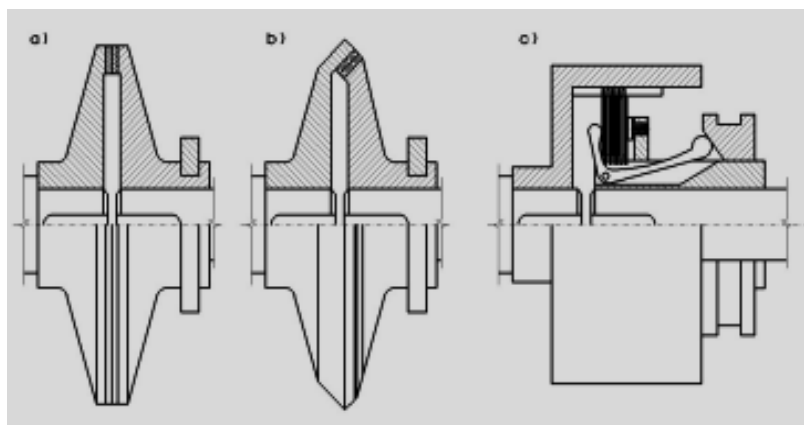
По типу трущихся поверхностей различают муфты дисковые, конусные, барабанные, барабанно-ленточные.

По способу создания сил трения различают муфты с пружинным, грузовым, центробежным, кулачковым, гидравлическим, пневматическим и электромагнитным нажимом.

По типу сил трения различают муфты сухого трения и муфты, работающие в масле.

Фрикционные муфты по форме рабочих поверхностей бывают следующих видов:

- дисковые, рабочими поверхностями которых являются плоские торцевые поверхности дисков (рис. 6.37);
- конусные,
- цилиндрические.



а – дисковые; б – конусные; с – цилиндрические.

Рисунок 6.37. – Виды фрикционных муфт

На механических транспортных средствах применяется постоянно и непостоянно замкнутое сцепление (рис. 6.38).

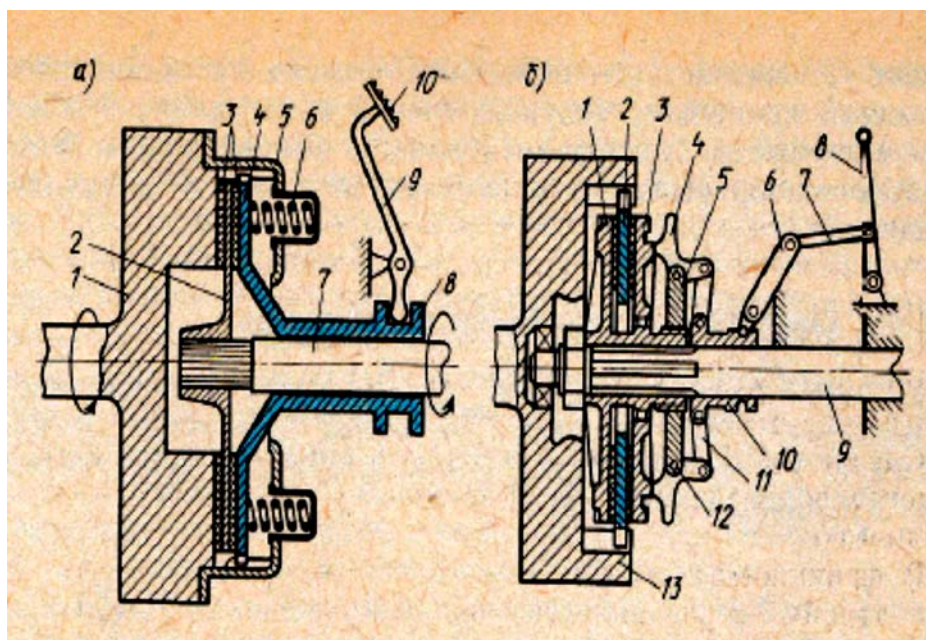


Рисунок 6.38. – Постоянно (а) и непостоянно (б) замкнутое сцепление

Постоянно замкнутым сцеплением называют сцепление, которое постоянно находится во включенном положении. В этих сцеплениях сжатие трущихся поверхностей дисков осуществляется пружинами. Ведущими частями такого сцепления являются маховик 1, ведущий диск 4, кожух 5, закрепленный на маховике болтами. Ведущий диск 4 соединен с кожухом 5 и вращается вместе с маховиком 1. Ведомыми частями сцепления являются ведомый диск 2 с фрикционными накладками 3, и вал 7 сцепления (первичный вал коробки передач). Нажимной механизм состоит из пружин 6, установленных между кожухом 5 и ведущим диском 4. Механизм выключения состоит из педали 10, двуплечего рычага 9 и муфты 8.

При отпущенной педали 10 пружины 6 прижимают ведущий диск 4 к ведомому диску 2, обеспечивая включение сцепления. При включенном сцеплении крутящий момент от маховика и ведущего диска силами трения передается на ведомый диск и первичный вал коробки передач. Выключение сцепления осуществляется приложением усилия к педали 10, которое сжимает пружины 6 и разъединяет трущиеся поверхности дисков 4 и 2.

Главной частью непостоянно замкнутого сцепления является ведущий диск 2, имеющий наружный зубчатый венец, который входит в зацепление с внутренним зубчатым венцом маховика двигателя 13. Ведомыми частями сцепления являются передний 1 и задний 3 диски. Диск 1 жестко закреплен на валу 9 сцепления, а диск 3 установлен на зубчатый венец ступицы переднего диска 1. Нажимной механизм состоит из крестовины 5 и двуплечных нажимных рычажков 4. Крестовина 5 наведена на резьбовую часть ступицы переднего

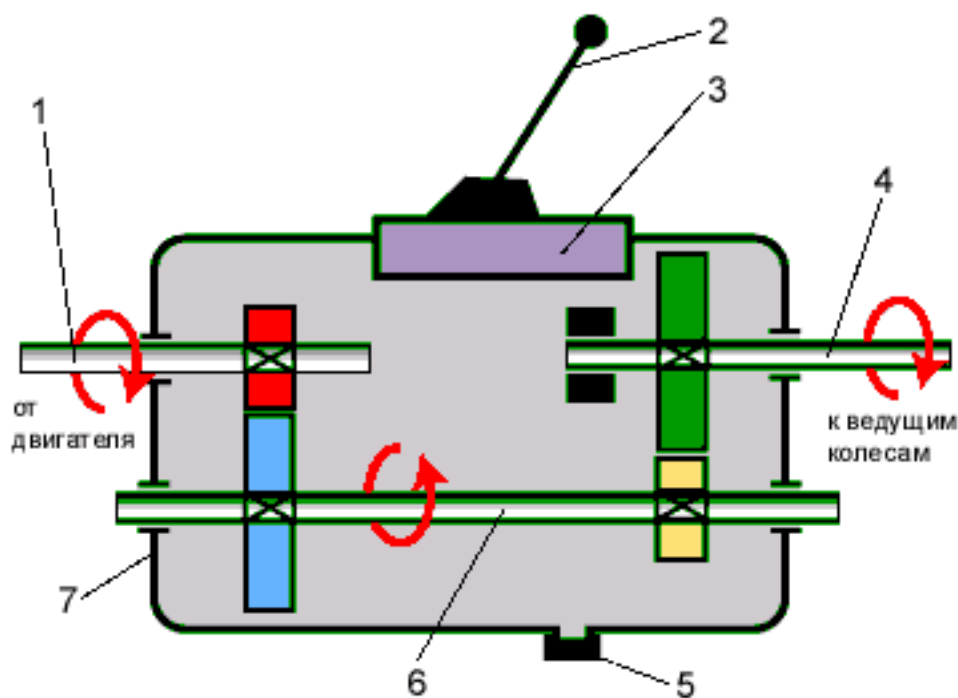
диска 1. Нажимные рычажки 4 с помощью оси 12 шарнирно соединены с крестовиной 5. Рычажки 4 одним плечом соединены при помощи сержок 11 плечами на задний диск 3. Последний прижимает ведущий диск 2 к переднему 1 и сцепление включается. Поворачивая рычаг 8 вперед, муфта 10 переместится назад, рычажки 4 отойдут от диска 3 и сцепление выключится.

Механизм выключения состоит из рычагов 6, 7, 8 и муфты 10. Включение и выключение сцепления осуществляется поворотом рычага 8. Поворачивая рычаг 8 назад, муфта 10 перемещается в сторону маховика 13. При перемещении муфты 10 серьги 11 поднимают задние плечи рычажком 4, которые, поворачиваясь на осях 12, воздействуют передними

Коробка переключения передач. Коробка передач предназначена для изменения по величине и направлению крутящего момента и передачи его от двигателя к ведущим колесам. Также она обеспечивает длительное разобщение двигателя и ведущих колес, причем на неограниченный срок и без усилий со стороны водителя (по сравнению со сцеплением).

Механическая коробка передач состоит из (рис. 6.39):

- картера,
- первичного, вторичного и промежуточного валов с шестернями,
- дополнительного вала и шестерни заднего хода
- синхронизаторов,
- механизма переключения передач с замковым и блокировочным устройствами
- рычага переключения.



1 - первичный вал; 2 - рычаг переключения передач; 3 - механизм переключения передач; 4 - вторичный вал; 5 - сливная пробка; 6 - промежуточный вал; 7 - картер коробки передач

Рисунок 6.39. - Схема работы механической коробки передач

Картер содержит в себе все основные узлы и детали коробки передач. Он крепится к картеру сцепления, который, в свою очередь, закреплен на двигателе. Так как при работе, шестерни коробки передач испытывают большие нагрузки, то они должны хорошо смазываться. Поэтому картер наполовину своего объема залит трансмиссионным маслом (в некоторых моделях автомобилей применяется моторное масло).

Валы коробки передач вращаются в подшипниках, установленных в картере, и имеют наборы шестерен с различным числом зубьев.

Синхронизаторы необходимы для плавного, бесшумного и безударного включения передач, путем уравнивания угловых скоростей вращающихся шестерен.

Механизм переключения передач служит для смены передач в коробке и управляется водителем с помощью рычага из салона автомобиля. При этом замковое устройство не позволяет включаться одновременно двум передачам, а блокировочное устройство удерживает передачи от самопроизвольного выключения.

Механизмы ведущих мостов горных мобильных энергетических средств

Главная передача. Главная передача служит для увеличения подводимого к ней крутящего момента и передачи его через дифференциал на полуоси, расположенные под прямым углом к продольной оси автомобиля.

Конструктивно главные передачи представляют собой зубчатые или червячные редукторы, последние из-за сравнительно малого КПД широкого распространения не получили. На автомобилях в основном применяют зубчатые главные передачи, которые делятся на одинарные и двойные. Передаточное число главной передачи в основном зависит от быстроходности, мощности двигателя, массы и назначения автомобиля. Главные передачи бывают двух типов: одинарная и двойная главная передача.

Одинарная главная передача состоит из одной пары конических зубчатых колес со спиральными зубьями. В такой передаче крутящий момент передается от карданной передачи на ведущую коническую шестерню, а от нее — на ведомое колесо, которое через специальный механизм (дифференциал) и полуоси передает вращение на ведущие колеса автомобиля.

Двойная центральная передача состоит из пары конических и пары цилиндрических шестерен. Цилиндрические шестерни имеют прямые или косые зубья, а конические - спиральные. Крутящий момент передается от ведущей конической шестерни к ведомой, установленной на одном валу с цилиндрической шестерней, которая передает крутящий момент на цилиндрическую шестерню. Двойная главная передача по сравнению с одинарной обладает более высокой механической прочностью и позволяет

увеличить передаточное число при достаточно большом дорожном просвете под балкой (картером) ведущего моста, что повышает проходимость.

Дифференциал. При повороте автомобиля его внутреннее ведущее колесо проходит меньший путь, чем наружное, поэтому, чтобы качение внутреннего колеса происходило без скольжения, оно должно вращаться медленнее, чем наружное. Это необходимо для того, чтобы исключить при повороте пробуксовывание колес, которое вызывает повышенное изнашивание шин, затрудняет управление автомобилем и увеличивает расход топлива. Для обеспечения различной частоты вращения ведущих колес их крепят не на одном общем валу, а на двух полуосях, связанных между собой межколесным дифференциалом, подводящим к полуосям крутящий момент от главной передачи. Таким образом, дифференциал служит для распределения крутящего момента между ведущими колесами и позволяет правому и левому колесам при поворотах автомобиля и при его движении на криволинейных участках дороги вращаться с различной частотой. Межколесный дифференциал бывает симметричным или несимметричным, соответственно распределяющим крутящий момент между полуосями поровну или непоровну. На автомобилях получили применение межколесные конические симметричные дифференциалы, межосевые конические и кулачковые дифференциалы повышенного трения.

Главная передача автомобиля ЗИЛ-130 – двойная (рис. 6.40), состоит из двух конических шестерен 6 и 7 со спиральными зубьями и двух цилиндрических шестерен 10 и 13 с косыми зубьями. Ведущая коническая шестерня 6 изготовлена за одно с валом 26, который вращается на двух конических роликоподшипниках 1 и 4, размещенных в гнездах стакана 2, прикрепленного в свою очередь болтами к картеру 11 главной передачи. Между подшипниками 1 и 4 установлены дистанционная втулка 27 и две регулировочные шайбы 3. Стакан 2 закрыт крышкой 28. На шлицах вала 26 установлена втулка 29 с фланцем, к которому крепится вилка карданного вала 23, который изготовлен заодно с ведущей цилиндрической шестерней 10. Вал 23 с шестернями 7 и 10 вращается на двух конических роликоподшипниках 9 и 24, установленных в гнездах крышек 25. Крышки 25 крепят с помощью болтов к картеру 11. Зацепление конических шестерен 6 и 7 регулируется прокладками 5, установленными между торцами картера 11 и стаканом 2. Между картером 11 и крышками 25 установлены прокладки 8 для регулировки подшипников. Ведомая цилиндрическая шестерня 13 соединена болтами с коробкой дифференциала.

Дифференциал автомобиля ЗИЛ-130 состоит из разъемных чашек 12 и 15, составляющих коробку, в которой размещены крестовина 22 с четырьмя сателлитами 21 и две конические полуосевые шестерни 14. Между торцами полуосевых шестерен и опорными торцами чашек установлены опорные шайбы 20. Сателлиты 21 сцеплены с полуосевыми шестернями 14, размещенными на шлицах разгруженных полуосей 18. Коробка дифференциала вращается на двух конических роликоподшипниках 16, которые регулируются гайкой 17.

Дифференциал размещен в картере 11, который крепят к балке 19 заднего моста. В картере 11 имеется три кармана, обеспечивающие подачу масла к шестерням и подшипникам.

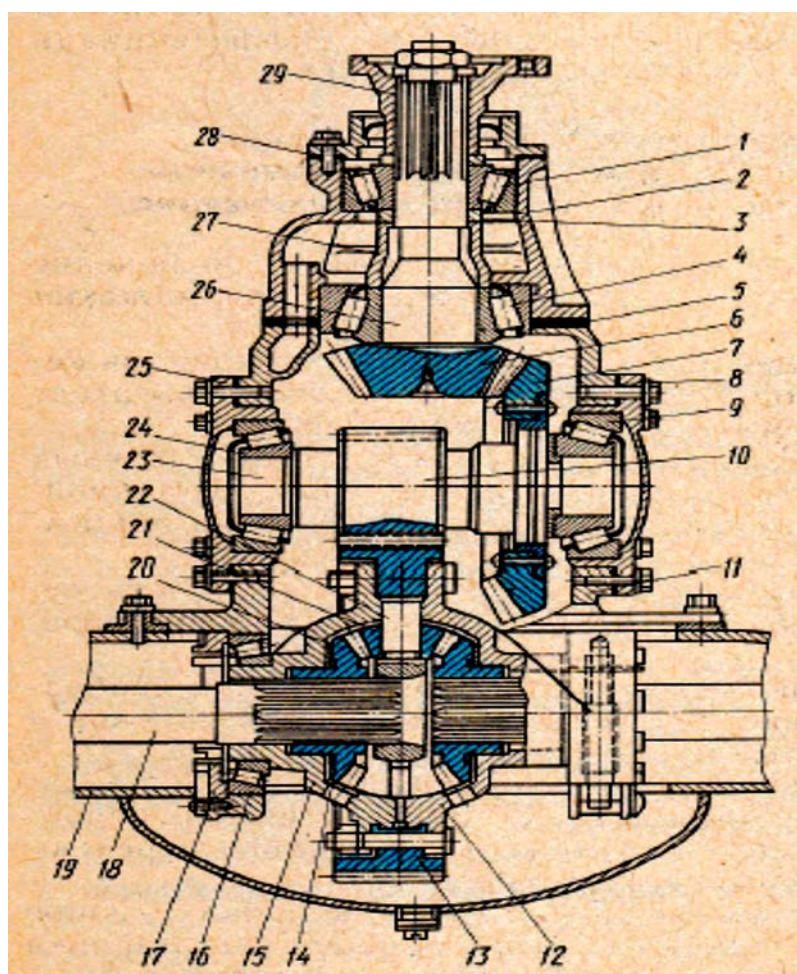


Рисунок 6.40. – Главная передача и дифференциал ЗИЛ-130

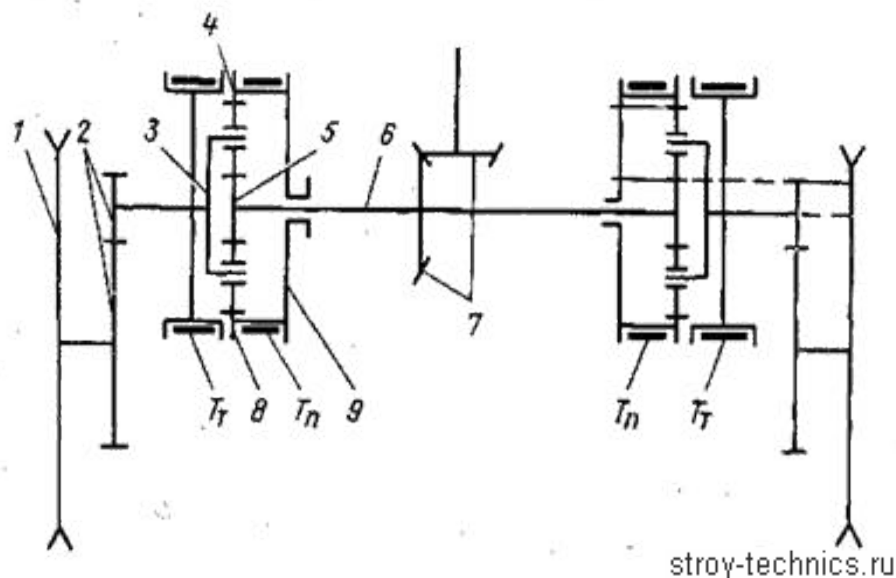
Механизм поворота гусеничных тракторов. Для изменения направления движения трактора его гусеницы должны двигаться с различными скоростями, а при повороте на месте одна гусеница вообще отключается и затормаживается. Это обеспечивается бортовыми фрикционами или планетарными механизмами поворота.

Бортовые фрикционы (в числе двух) являются наиболее распространенным механизмом поворота гусеничных тракторов.

Фрикционы представляют собой многодисковые муфты сцепления, включенные в силовую передачу с двумя ленточными тормозами. Многодисковость муфты фрикционов объясняется тем, что в отличие от главной муфты сцепления она должна передавать больший крутящий момент (так как крутящий момент двигателя увеличивается передаточным числом трансмиссии). По аналогии с главной муфтой сцепления бортовой фрикцион является постоянно замкнутой муфтой.

При включенных фрикционах гусеницы трактора жестко связаны между собой и с трансмиссией, что обеспечивает машине прямолинейный ход. Отмеченная жесткая связь гусениц является большим достоинством трансмиссии с бортовыми фрикционами. Она обуславливает высокую проходимость машин и прямолинейность их движения. При повороте трактора выключается соответствующий бортовой фрикцион и весь крутящий момент передается через другой бортовой фрикцион. Гусеница, связанная с этим фрикционом, будет забегать вперед, другая же отставать. Трактор начнет разворачиваться по дуге неопределенного радиуса. «Пологость» дуги поворота зависит от разности скоростей движения гусениц: чем она будет больше, тем круче будет разворот. Минимальный радиус поворота, равный половине ширины трактора, получается при полностью отключенной одной гусенице и надежно заторможенной другой.

Планетарный механизм поворота, схема которого приведена на рис. 6,41, имеет поперечный вал, вращающийся от главной передачи, который заканчивается малыми солнечными шестернями. Большие солнечные шестерни с внутренним зацеплением связаны с тормозными барабанами и ленточными тормозами T_n . Водила планетарных механизмов связаны с ведущими шестернями конечных передач.



1 — ведущая звездочка; 2 — конечная передача; 3 — водило; 4 — большая солнечная шестерня; 5 — малая солнечная шестерня; 6 — поперечный вал главной передачи; 7 — главная передача; 8 — сателлиты; 9 — тормозной барабан планетарного механизма

Рисунок 6.41 - . Схема планетарного механизма поворота гусеничного трактора

Для вращения ведущих звездочек (или водил 3) с одинаковой скоростью необходимо затянуть тормоза T_n до полной остановки шестерен. При этом трактор будет двигаться прямолинейно. Чтобы повернуть трактор, необходимо отпустить правый или левый тормоз T_n , тогда этот планетарный механизм не

будет передавать (или будет передавать частично) крутящий момент звездочке гусеницы. При затягивании тормоза T_t радиус поворота уменьшается до значения, равного половине ширины трактора.

Планетарный механизм поворота одновременно выполняет и функцию редуктора с тем или иным передаточным отношением. Его основным недостатком является сложность регулировки тормозов. Энергопотери в планетарном механизме и бортовом фрикционе практически равны.

Последовательность выполнения работы. 1. Ознакомиться с общим устройством механизмов трансмиссии автомобиля ЗИЛ-130.

2. Выяснить назначение механизмов сцепления и ознакомиться с их конструкцией.

3. Выяснить назначение коробки передач и ознакомиться с ее устройством. Установить, где она крепится на автомобиле или тракторе.

4. Выяснить назначение главной передачи и ознакомиться с ее конструкцией. Установить место расположения.

6. Выяснить назначение дифференциала и рассмотреть его конструкцию. Установить место расположения.

7. Выяснить назначение и ознакомиться с конструкцией механизмов поворота гусеничного трактора. Установить место расположения.

Составление отчета. Кратко опишите основные элементы трансмиссии колесных и гусеничных ГМЭС. Составьте простейшие схемы типовых колесных и гусеничных машин.

РАЗДЕЛ III КОНТРОЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Список контрольных вопросов курса «Горные мобильные энергетические средства»

1. Классификация мобильных энергетических средств.
2. Общее устройство МЭС.
3. Основные параметры состояния рабочего тела.
4. Понятие об идеальном газе, основные законы идеальных газов.
5. Понятие о газовой смеси. Закон Дальтона и состав газовой смеси.
6. Понятие о термодинамическом процессе. Обратимые и необратимые процессы.
7. Работа расширения или сжатия газа. Первый закон термодинамики.
8. Внутренняя энергия газа. Энтальпия газа.
9. Теплоемкости массовая, объемная и мольная. Средняя и истинная теплоемкости.
10. Второй закон термодинамики.
11. Цикл Карно.
12. Классификация ДВС. Системы и механизмы ДВС.
13. Основы устройства и работы поршневых ДВС.
14. Теоретические циклы ДВС.
15. Принцип работы четырехтактного двигателя.
16. Индикаторная диаграмма ДВС.
17. Индикаторные показатели работы ДВС.
18. Эффективные показатели работы ДВС.
19. Тепловой баланс ДВС.
20. Принцип работы двухтактного двигателя.
21. Кривошипно-шатунный механизм ДВС. Принцип действия и общие сведения.
22. Кривошипно-шатунный механизм ДВС. Устройство и назначение деталей.
23. Газораспределительный механизм ДВС.
24. Необходимость и способы охлаждения ДВС. Система воздушного охлаждения ДВС.
25. Система жидкостного охлаждения ДВС. Устройство и назначение элементов.
26. Виды топлива, их характеристика и свойства. Альтернативные топлива.
27. Смесеобразование в ДВС. Влияние качества и состава горючей смеси на работу двигателя.
28. Система питания дизельного ДВС. Общие сведения.
29. Система питания дизельного ДВС. Устройство и назначение элементов системы питания.
30. Регулирование работы ДВС.

31. Типы систем смазки ДВС. Общие сведения о системах смазки ДВС.
32. Система смазки ДВС. Устройство и назначение элементов.
33. Система пуска ДВС.
34. Назначение и типы трансмиссий МЭС.
35. Схема механической трансмиссии колесных МЭС.
36. Схема механической трансмиссии гусеничных МЭС.
37. Муфта сцепления. Общие сведения и классификация.
38. Устройство и действие муфт сцепления.
39. Коробки передач тягачей. Назначение и классификация.
40. Механизмы задних ведущих мостов колесных МЭС.
41. Особенности конструкций передних ведущих мостов колесных МЭС.
42. Механизмы ведущих мостов гусеничных МЭС.
43. Центральная (главная) передача и дифференциал.
44. Механизмы блокировки дифференциала.
45. Планетарные механизмы поворота гусеничных МЭС.
46. Муфты поворота гусеничных МЭС.
47. Карданные передачи и полукарданные шарниры.
48. Общие сведения о ходовой части колесных МЭС.
49. Общие сведения о ходовой части гусеничных МЭС.
50. Подвески гусеничных МЭС.
51. Электрооборудование МЭС. Общие сведения.
52. Способы повышения проходимости горных МЭС.
53. Гидравлические системы универсальных МЭС.
54. Рабочее оборудование универсальных МЭС.

РАЗДЕЛ IV ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Распределение аудиторных часов

Распределение аудиторных часов по курсам, семестрам и видам занятий приведено ниже.

Таблица 4.1. – Очная форма

Очная форма получения высшего образования					
Курс	Семестр	Лекции, ч.	Лабораторные занятия, ч.	Практические занятия, ч.	Форма текущей аттестации
3	5	34	-	34	экзамен

Таблица 4.2. – Заочная форма

Заочная форма получения высшего образования					
Курс	Семестр	Лекции, ч.	Лабораторные занятия, ч.	Практические занятия, ч.	Форма текущей аттестации
3	6	2	-		
4	7	8	-	8	экзамен

Содержание учебного материала

РАЗДЕЛ 1. ВВЕДЕНИЕ

Тема 1. Вводное занятие. Общее устройство мобильных энергетических средств

Значение использования мобильных горных энергетических средств для механизации и автоматизации производственных процессов. Классификация мобильных энергетических средств. Общее устройство мобильных энергетических средств. Характеристики мобильных энергетических средств, применяемых в горном деле.

РАЗДЕЛ 2. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Тема 2. Основы технической термодинамики

Основные параметры состояния рабочего тела. Понятие об идеальном газе, основные законы идеальных газов. Понятие о газовой смеси. Законы термодинамики. Теплоемкость газов. Цикл Карно.

Тема 3. Основы устройства и работы поршневых двигателей внутреннего сгорания

Основы теории двигателей внутреннего сгорания. Общее устройство и принцип действия двигателей. Теоретические и действительные циклы работы двигателя внутреннего сгорания. Рабочие циклы четырехтактных и двухтактных бензиновых и дизельных двигателей, многоцилиндровые двигатели.

Тема 4. Показатели, характеризующие работу двигателей внутреннего сгорания

Индикаторные показатели работы двигателя. Эффективные показатели работы двигателя. Тепловой баланс. Понятие о крутящем моменте, мощности и экономичности двигателя внутреннего сгорания.

РАЗДЕЛ 3. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И УСТРОЙСТВО СИСТЕМ И МЕХАНИЗМОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Тема 5. Механизмы двигателей внутреннего сгорания

Кривошипно-шатунный механизм, назначение и устройство; блок-картер. Конструкция и принцип действия газораспределительных механизмов; фазы газораспределения.

Тема 6. Система охлаждения двигателей внутреннего сгорания

Необходимость и способы охлаждения двигателей; устройство и действие воздушной и жидкостной систем охлаждения.

Тема 7. Система смазки двигателей внутреннего сгорания

Необходимость смазки трущихся поверхностей; виды трения между трущимися деталями работающего двигателя; смазочные материалы; типы систем смазки; устройство и действие систем смазки двигателя внутреннего сгорания.

Тема 8. Системы питания и регулирования двигателей внутреннего сгорания

Общие сведения о системах питания; система питания дизеля; система питания бензинового двигателя; очистка всасываемого воздуха; регуляторы частоты вращения; виды топлива, их характеристика и свойства.

Тема 9. Системы пуска двигателей внутреннего сгорания

Требования к пуску двигателя и способы пуска; устройство и действие некоторых систем механизированного пуска; устройства и приспособления, облегчающие пуск. Правила безопасности при пуске двигателя внутреннего сгорания.

Тема 10. Электрооборудование мобильных энергетических средств

Общие сведения об электрооборудовании мобильных машин; система зажигания пускового двигателя. Источники и потребители электрического тока.

РАЗДЕЛ 4. СИЛОВЫЕ ПЕРЕДАЧИ, ХОДОВАЯ ЧАСТЬ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ГОРНЫХ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Тема 11. Принцип действия силовой передачи мобильных энергетических средств

Типы силовых передач; увеличение и изменение крутящего момента; схема устройства силовой передачи. Муфта сцепления (главный фрикцион): устройство и действие муфт сцепления и фрикционов. Устройство и действие коробки передач. Карданная передача, типы шарниров карданных передач.

Тема 12. Механизмы ведущих мостов мобильных энергетических средств

Центральная (главная) передача и дифференциал; планетарные механизмы поворота; муфты поворота гусеничных тракторов; ведущий передний мост колесных машин и механизмы его привода.

Тема 13. Ходовая часть мобильных энергетических средств

Общие сведения о ходовой части мобильных энергетических средств; движители гусеничных и колесных машин; обозначения дисков и шин; способы повышения проходимости мобильных энергетических средств.

Тема 14. Основные принципы агрегатирования мобильных энергетических средств

Виды агрегатирования. Силовой и мощностной балансы машинно-тракторного агрегата. Методы эксплуатационного согласования агрегатирования.

РАЗДЕЛ 5. ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

Тема 15. Инновационные направления по развитию и использованию мобильных энергетических средств

Основные инновационные направления по развитию и использованию мобильных энергетических средств при добыче и транспортировании горных пород. Современные приводы на мегамотильных энергетических средствах.

Список использованных источников

1. Кутьков Г. М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства. – М.: Колос С, 2004. – 504 с.
2. Котиков В.М. Тракторы и автомобили. Учебник. М.: Академия, 2008. – 416 с.
3. Тракторы/ Под ред. В.В. Гуськова ч.1 – Мн.: Высшая школа, 1979 – 232с.
4. Сапожников Е.Н. Двигатели внутреннего сгорания. – Киев: Техника, 1979 – 139с.
5. Баловнев В.И., Данилов Р.Г. Автомобили и тракторы. Краткий справочник. М.: Академия, 2008. -381 с.
6. Панкратов Г.П. Двигатели внутреннего сгорания, автомобили, тракторы и их эксплуатация . М.: Выш. шк., 1989. – 320 с.
7. П.А. Амелъченко [и др.]. Агрегатирование тракторов «Беларусь» /; под общ. ред. П.А. Амелъченко.– Минск: Ураджай, 1993. – 302 с.
8. Красников, Ю.Д. Горные машины: учебное пособие для вузов / Ю.Д. Красников, В.Я. Прушак, В.Я. Щерба; под ред. Ю.Д. Красникова. – Минск: Вышэйшая школа, 2003. – 148 с.

Дополнительная литература

1. Колчин, А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей / А.И.Колчин, В.П.Демидов. – М.: Высшая школа, 1980. – 400 с.
2. Богатырев, А.В. Гусеничные тракторы / А.В. Богатырев. – М.: Колос, 1984. – 207 с.
3. Регулировка трактора / М.С. Горбуков [и др.]; под общ. ред. М.С. Горбукова. – Л.: Колос, 1979. – 352 с.
4. Тракторы и спецтехника БЕЛАРУС / М-во промышленности Респ. Беларусь; редкол.: А.Н. Стаценко [и др.]. – Минск: ПО МТЗ, 2002. – 42 с.
5. Тракторы «Беларусь» класса 1,4. Пособие по агрегатированию / М-во промышленности Респ. Беларусь; редкол.: П.В. Катаев [и др.]. – Минск: ПО МТЗ, 1998. – 300 с.